

DER PHYSIK UND CHEMIE.

BAND CXX.

I. *Ablenkung der Magnetnadel durch die Nebenströme der leydener Batterie; von Peter Rieß¹⁾.*

Nachdem Faraday die beiden einander entgegengerichteten Inductionsströme beim Schließen und Öffnen der voltaschen Kette entdeckt hatte, ging er an den Versuch, eine Induction durch die Entladung einer leydener Batterie zu erregen. Er erwartete augenscheinlich keinen Erfolg; denn als er solchen in der Magnetisirung einer Nadel wirklich erhielt, schrieb er ihn der ungenügenden Isolirung des Hauptdrahtes vom Nebendrahte zu, und erklärte es für unmöglich, die beiden entgegengesetzten Wirkungen von einander zu trennen, die beim Beginnen und Aufhören der Entladung statt finden. Wenn diese Wirkungen, wie er annahm, gleichzeitig auftreten, so müssten sie sich aufheben und es blieb keine Hoffnung, sie einzeln aufzufinden (exper. resear 24, 25). Durch Marianini's, Henry's und meine Versuche wurde indess gezeigt, dass der Nebenstrom der leydener Batterie eine Stahlnadel magnetisirt, einen Draht erwärmt, physiologische und elektroskopische Wirkungen ausübt; es war damit erwiesen, dass die vielen Partialströme, die den Nebenstrom bilden, in der Zeit nach einander fließen, und dass der Theil von ihnen, der mit dem Hauptstrome gleiche Richtung besitzt, schneller abfließt als der andere, der die entgegengesetzte Richtung verfolgt. Von Henry und mir wurde deshalb dem Gesamtnebenstrome eine dem Hauptstrome gleiche Richtung beigelegt. Dem Nebenstrome eine bestimmte Richtung zuzuschreiben, ist unumgänglich nötig, um den Zusammenhang

1) Gelesen in der Akad. d. Wiss. 12. Nov. 1863.

der Erscheinungen bei der Vereinigung mehrerer Nebenströme aufzufassen. Zwei gleiche Gesamtnebenströme fügen sich zu einander, wenn sie gleichgerichtet sind, und heben einander auf, wenn sie entgegengerichtet sind, ebenso wie es zwei einfache Ströme thun, deren Partialströme alle gleiche Richtung haben.— Was Faraday dem Nebenstrome im Allgemeinen beigemessen hat, tritt in einem besondern Falle ein. Eine unvollkommene Wirkung des Stromes ist die Ablenkung der Magnetnadel, welche nur die in den einzelnen Partialströmen bewegte Elektricitätsmenge, nicht die Geschwindigkeit ihrer Bewegung angibt, und erst beginnt, nachdem eine relativ lange Zeit nach der Strombewegung verflossen ist. Hier wirken die in gerader Zahl vorhandenen verschiedenen Partialströme wirklich als gleichzeitige und die Gesamtwirkung aller dieser Ströme, von welchen je zwei eine gleiche Elektricitätsmenge und entgegengesetzte Richtung besitzen, muss nothwendig Null seyn. Die Magnetnadel bleibt in Ruhe und die Ablenkung steht als Prüfungsmittel des Nebenstromes noch hinter der Magnetisirung zurück; denn so wenig wir auch aus dieser zu schliessen verstehen, so zeigt sie doch das Daseyn eines Stromes an, die Ablenkung nicht einmal diess. Es ist deshalb öfter versucht worden, die Partialströme einer Richtung des Nebenstromes abzuschwächen und dadurch die der entgegengesetzten Richtung zur Wirkung zu bringen. Aber diese Versuche sind bisher entweder ganz erfolglos oder von unsicherem zweifelhaften Erfolge gewesen. Buff hat die Benutzung des Stromes der leydener Batterie aufgegeben, die vom Conductor einer Elektrisirmaschine auf eine Kugel schlagenden Funken als erregenden Strom benutzt, und so Ablenkungen der Magnetnadel durch den Nebenstrom und ein merkwürdiges Resultat über das Auftreten des Nebenstromes im Hauptdrahte erhalten, das ich im Verlaufe dieser Abhandlung näher angeben werde.

Es ist mir jetzt gelungen, Ablenkungen der Magnetnadel von den verschiedenen Nebenströmen der leydener Batterie zu erhalten durch ein so kräftig wirkendes Ver-

fahren, daß diese Versuche jederzeit mit vollkommener Sicherheit des Erfolges angestellt und mit einander verglichen werden können. Dadurch haben sich einige rätselhafte Erscheinungen aufhellen lassen, die der Nebenstrom bietet, aber freilich auch neue Rätsel geknüpft, die noch ihre Lösung erwarten.

Magnetische Ablenkung durch den Strom in einem Nebendrahte.

1. Der von Neeff 1838 erfundene ¹⁾ selbstbewegliche Magneto-Inductionsapparat, der von Ruhmkorff 1851 verbessert und seitdem in immer grösseren Dimensionen ausgeführt, als Ruhmkorff'scher Apparat sehr bekannt geworden ist, liefert schnell auf einander folgende Inductionsströme von abwechselnd entgegengesetzter Richtung. Werden diese Ströme durch das Gewinde eines Multiplicators geleitet, so lassen sie die Magnetnadel unabgelenkt. Eine Ablenkung, und zwar im Sinne der bei Oeffnung der angewandten voltaschen Kette erregten Ströme, wird erhalten, wenn man in der Leitung eine Lücke anbringt und dadurch die der Schließung der Kette entsprechenden Ströme vom Multiplicator ausschliesst. Gaugain änderte diesen Versuch glücklich ab, indem er die Lücke, statt in freier, in stark verdünnter Luft herstellte zwischen zwei Elektroden von sehr verschiedener Grösse ²⁾). Hierzu wurde in dem als elektrisches Ei bekannten Apparate, die eine der beiden einander gegenüberstehenden Kugeln nebst ihrem Stiele mit einer isolirenden Substanz bekleidet und nur eine sehr kleine Stelle der Kugel nackt gelassen. Der so veränderte Apparat wurde mit dem Namen *oeuf-souape* oder *souape électrique* belegt, weil seine Wirkung der eines Ventils ähnlich ist. Leitet man nämlich, nachdem die Luft im Ventile hinlänglich verdünnt ist, die Ströme des Ruhmkorff'schen Apparates so hindurch, daß der Oeffnungsstrom von der bedeckten zur nackten Kugel geht, so erfolgt die Ablenkung der Nadel an einem in die Lei-

1) Pogg. Ann. ² Bd. 46. S. 104.

2) Compt. rendus ² T. 40, p. 640. Pogg. Ann. Bd. 95 S. 163.

tung eingeschalteten Multipliator, und zwar im Sinne des Oeffnungsstromes; hingegen bleibt die Ablenkung aus bei entgegengesetzter Lage der beiden Kugeln. Ich habe dem Ventile eine einfachere leicht herzustellende Einrichtung gegeben und mehrfache Versuche über Erwärmung und magnetische Ablenkung damit angestellt. Die Erwärmung eines Drahtes sowol durch die Ströme des Inductorium (Ruhmkorff'schen Apparats) wie durch den Entladungsstrom der leydener Batterie war am stärksten bei der Stellung des Ventils welche, bei Anwendung des Inductorium, keine oder eine sehr geringe Ablenkung der Magnetnadel gab. Ich schloß hieraus, daß durch das Ventil sowol der Schließungs- wie der Oeffnungs-Strom hindurchgehen könnte, eine Folgerung, der Gaugain auf das Entscheidende entgegentrat. Nach seiner Meinung waren die Schließungsströme auf seinen Apparat ohne den geringsten Einfluß und der Apparat wirkte als Ventil nur für die Oeffnungsströme¹). Hiernach war zu erwarten, daß, wenn das Ventil, was noch fraglich blieb, bei dem Nebenstrom der leydener Batterie anwendbar war, nur der dem Hauptstrome gleichgerichtete Strom in der magnetischen Ablenkung merklich seyn würde, nach meiner Ansicht mußte es auch der entgegengerichtete. Die Versuche, die ich erst seit einem Jahre ausführen konnte, als ich einen Multipliator erhielt, der vergleichbare Ableukungen lieferte, entsprachen meiner Erwartung in nicht geahntem Grade. Das Ventil erwies sich als ein außerst sicheres nie versagendes Mittel, um von allen Nebenströmen der leydener Batterie Ablenkungen der Magnetnadel in dem einen oder andern Sinne zu erhalten und dadurch diese Ströme näher kennen zu lernen, als es bisher möglich war.

2. Das von mir beschriebene Ventil²) Fig. 1 Taf. VI im Durchschnitte und in halber Größe abgebildet, besteht aus einem hohlen Glascylinder, in dem die Luft verdünnt und sie atmet so leicht und gewandt, als

1) *Comptes rendus** T. 42, p. 17.

2) Monatsberichte 1855, S. 395. Pogg. Ann. Bd. 96, S. 179.

wird, nachdem er durch eine aufgelegte Glasplatte luftdicht abgeschlossen ist. Auf die Mitte der Glasplatte ist ein Elefantenbeinstab gekittet, durch den ein Platindraht von $\frac{1}{4}$ Millimeter Dicke hindurchgeht, der in der innern Fläche der Platte endigt und außerlich mit einer Leitung verbunden werden kann. Im Innern des Cylinders steht auf einem Messingstiele eine Messingscheibe von 11 Linien Breite, parallel der Deckplatte und eine Linie von ihr entfernt.

Um die Lage des Ventils in der Leitung kurz anzugeben, werde ich mich des Ausdrucks bedienen, das Ventil habe, in Bezug auf einen Strom von angegebener Richtung die *Spitzenstellung*, wenn jener Strom, im Fall er durch den Cylinder ginge, von der Platin spitze der Deckplatte zur Messingscheibe gehen müßte, und werde mit *Flächenstellung* die entgegengesetzte Stellung bezeichnen. Es soll damit keineswegs gesagt seyn, daß der genannte Strom im Versuche wirklich durch den Cylinder geht. Der Multiplicator, den ich schon bei andrer Gelegenheit gebraucht habe ¹⁾, besteht aus 57 Windungen eines mit Guttapercha dick umpreßten Kupferdrahtes und einer an einem Conofaden hängenden Doppelnadel von geringer Richtkraft.

3. Das Gewinde des Multiplicators wurde durch zwei $\frac{17}{4}$ Linie dicke Kupferdrähte, zusammen 49 Fuß lang, in die Schließung einer leydener Batterie gebracht, in welcher sich außerdem eine ebene, aus 13 Fuß Kupferdrath gewundene Spirale von 14 Windungen und $5\frac{1}{4}$ Zoll Breite, und eine mit Wasser gefüllte Röhre befand. Die Entladung der Elektricitätsmenge 10, zu deren Messung die Kugeln der Maafßflasche $\frac{1}{2}$ Linie von einander standen, aus 3 Flaschen von 2,6 Quadratfuß Belegung, brachte eine Ablenkung von 2 und 3 Graden am Multipliator hervor. Die Richtung der Ablenkung entsprach der des Entladungstromes, und ich werde sie hier und in der Folge als positive bezeichnen. Darauf entfernte ich die Wasserröhre aus der Schließung, löste die Enden der beiden zum Multipliator führenden Drähte und verband sie durch eine ebene, der

1) Monatsberichte 1857, S. 379.

beschriebenen symmetrisch gleiche Drahtspirale. Diese (Neben-) Spirale wurde der im Schließungsbogen der Batterie, der ganz metallisch hergestellt war, befindlichen (Haupt-) Spirale bis 1 Linie normal genähert, und bildete mit dem Gewinde des Multiplicators und den dahin führenden Drähten die Nebenschließung. In dieser Nebenschließung war eine Lücke gelassen, welche ein elektrisches Ventil einnahm, in dem die Luft bis 2 Linien Quecksilberdruck verdünnt war. Ich werde die Stellung des Ventils in Bezug auf einen Strom angeben, der in der Nebenspirale mit dem Entladungsstrom in der Hauptspirale gleiche Richtung besitzt. Die Ladung der Batterie war die bereits angegebene.

Ablenkung am Multiplikator durch den Nebenstrom, bei

Spülzersetzung Flächenzersetzung

des Ventils

mi. maximum — 5 Grad	— 6 Grad
abst. maximum — 4 Grad	— 5,5 Grad
abstand maximum — 4,5 m	— 5 m

Aus diesen Beobachtungen folgt, was sich später im vollsten Maafse bestätigte, dass der Entladungsstrom der leydener Batterie eine Magnetnadel viel weniger ablenkt, als der durch ihn in einer Spirale von nur 13 Fuß Drahtlänge unter keineswegs günstigen Bedingungen erregte Nebenstrom und dass der Nebenstrom, wenn er durch ein elektrisches Ventil geht, die Nadel sowol im Sinne eines Stromes ablenkt, der dem Hauptstrome gleichgerichtet ist, wie im Sinne des entgegengerichteten Stromes. Die erste Ablenkung erfolgt, wenn der gleichgerichtete Nebenstrom zuerst die Scheibe, die zweite, wenn er zuerst die Spitze des Ventils trifft. Daraus folgt die zur Anwendung bequeme Regel: *Mit Hülfe des el. Ventils und bei jeder Stellung desselben, lenkt der Nebenstrom der leydener Batterie die Magnetnadel im Sinne eines Stromes ab, der von der Scheibe zur Spitze des Ventils geht.*

4. Dieses merkwürdige und, was die Stellung des Ventils bei den entgegengesetzten Ablenkungen betrifft, mir unerwartete Ergebniss wurde durch den Nadelmultiplikator

außer Zweifel gesetzt. Sonst aber ist diese Versuchsanordnung nicht zu empfehlen, weil das Nadelssystem häufig seine Richtkraft und Stellung ändert und weiter auseinanderliegende Versuche nicht mehr vergleichbar sind. Zu allen folgenden Versuchen bediente ich mich eines Wiedemann'schen Spiegelgalvanometers¹⁾ das in letzter Zeit von Sauerwald häufig ausgeführt und mit Drahtrollen versehen ist, deren genügend isolirte Windungen den ungestörten Durchgang von Batteriestromen gestatten. Ein magnetisirter Stahlspiegel schwebt an einem Coconfaden in einer Kupferbüchse von 6 Lin. Wanddicke, die durch eine Holzbüchse ersetzt werden kann, und wirft das Bild einer 1505 Mm. entfernten Millimeterscale in ein Fernrohr. Die Ablenkung des Spiegels um einen Scalentheil entspricht demnach $\frac{1718,9}{1505}$ = 1,14 Bogenminute. Jede der beiden vom Spiegel beliebig zu entfernenden Drahtrollen, durch welche der elektrische Strom geleitet wird, besitzt 40 Windungen eines $\frac{1}{4}$ Linie dicken Kupferdrahtes von angeblich 30 Fuß Länge, der mit Cautschuk und einem gefilzten Zeuge umhüllt ist. Wo es nicht anders gesagt ist, habe ich mich bei den folgenden Versuchen, zur Schonung des Spiegels, nur einer Drahtrolle und der Kupferbüchse bedient. Diese Büchse hebt nicht nur die Schwingungen des Spiegels in wenigen Sekunden auf, sondern verhindert auch die Magnetisirung desselben durch den elektrischen Strom.

5. Ich setzte den Schließungsbogen der Batterie ganz metallisch zusammen und fügte dazu eine der in (3) erwähnten ebenen Spiralen von 13 Fuß Drahlänge. Die Elektrizitätsmenge 10 wurde aus 3 Flaschen entladen und die Ablenkung am Galvanometer beobachtet. Darauf wurde das elektrische Ventil mit Luft von 2 Lin. Druck in die Schließung aufgenommen und die Beobachtung bei verschiedener Stellung des Ventils wiederholt.

1) Wiedemann, Lehre vom Galvanismus.²⁾ Braunschw. 1861, Bd. 2, S. 199.

Es erfolgte bei metallischer Schließung die

Ablenkung + 10,5 Seth.

Spitzenstellung d. Ventils . + 10,5

Flächenstellung + 10,0

Von dem ganzen Schließungsbogen wurde ein kleiner Theil zur Hauptschließung der Batterie gemacht, und darin eine ebene Spirale von 13 Fuss Drathänge aufgenommen. Der übrige Theil des Schließungsbogens, zu dem die Galvanometerrolle, das elektrische Ventil und die ebene Spirale gehörten, wurde als Nebenschließung benutzt, indem zugleich diese Spirale der in der Hauptschließung befindlichen normal bis 1 Linie genähert wurde. Die Verbindung der Drähte war der Art, dass ein dem Hauptstrome gleichgerichteter Nebenstrom positive Ablenkungen am Galvanometer geben musste, und die Stellung des Ventils wird auf diesen Strom bezogen. Die Ladung der Batterie geschah wie früher. Der Nebenstrom gab

bei Spitzenstellung des Ventils die Ablenkung — 40,5 Seth.

Flächenstellung + 43

Es zeigt sich hier, dass das Ventil auf die Ablenkung durch den Hauptstrom der Batterie ohne Einfluss bleibt, und wiederholt, dass diese Ablenkung viel geringer ist, als die durch den Nebenstrom wirkte. Dass vermutlich die Galvanometerrolle den Nebenstrom vergrössert, die Ablenkung also durch einander folgende Ströme verschiedener Ordnung hervorgebracht wird, lasse ich hier unberücksichtigt, wo es allein darauf ankommt, die Ergebnisse von Versuchen darzulegen.

Die Grösse der Ablenkung durch den Nebenstrom, die hier das Vierfache der durch den Hauptstrom hervorgebrachten beträgt, ist nicht constant und variiert bedeutend mit dem Luftdrucke im Ventile. Was aber die Richtung dieser Ablenkung betrifft, so ist sie in weiter Gränze von dem Luftdrucke unabhängig und ihre Beobachtung bildet einen leichten und sicheren Versuch, zu dessen Anstellung weder ein vollkommener Apparat, noch besondere Vorsicht nöthig ist. Wenn man sicher ist, dass der Luftdruck im

Ventile nicht viel weniger als 2 Linien und nicht viel mehr als 5 Zoll beträgt, so kann man aus dem Anblitze der Verbindung des Ventils mit der Galvanometerrolle mit Bestimmtheit voraussagen, nach welcher Seite die magnetische Ablenkung durch den Nebenstrom erfolgen wird. Die Elektricitätsart, mit der die Batterie geladen ist und die Verbindung des Galvanometers mit Mitte oder Ende der Nebenspirale ist gleichgültig. Die Ablenkung geschieht, wie oben bereits angegeben ist, im Sinne eines Stromes, *der von der Scheibe zur Spitze des Ventils geht*.

6. Um die Abhängigkeit der Ablenkung von dem Luftdrucke im Ventile aufzuzeigen, wurde zuerst die stärkste Verdünnung gebraucht, und durch allmäßliches Zulassen von Luft der volle Luftdruck hergestellt. Die Stellung des Ventils wird, wie früher, auf einen Nebenstrom bezogen, der in der Nebenspirale dem Hauptstrome gleichgerichtet ist, und letzterer wiederum durch Entladung der Menge 10 aus 3 Flaschen erhalten.

Magnetische Ablenkung durch den Nebenstrom, bei
Druck im Ventil Spitzstellung Flächenstellung

Druck im Ventil Zoll	Spitzenstellung Linien	Flächenstellung des Ventils
5	— 36	+ 40
4	— 29	+ 35
6	— 28,5	+ 29
1	— 19,5	+ 27,5
2	— 16,5	+ 16,5
4	— 9	+ 16
8	— 4,5	+ 13
10	— 2	+ 13
12	— 0,6	+ 12
14	+ 1,5	+ 13,5
18	+ 6,5	+ 19,5
22	+ 14,3	+ 22,7
25	+ 22,3	+ 22,5
28	5 $\frac{1}{4}$	+ 31

Mit Vermehrung der Luft im Ventile von $\frac{1}{4}$ Linien Quecksilberdruck bis zu vollem Luftdrucke nimmt die magnetische Ablenkung durch den Nebenstrom bei beiden Stellungen des Ventils zuerst ab und zuletzt wieder zu. Bei der Flächenstellung ist diese Aenderung der Grösse der Ablenkung langsam und die Ablenkung geschieht stets nach derselben Seite, die einem dem Hauptstrome gleichlaufenden Nebenstrom entspricht. Bei Spitzenstellung des Ventils und dünner Luft darin erfolgt die Ablenkung in dem Sinne eines dem Hauptstrome entgegengerichteten Stromes, nimmt mit zunehmendem Luftdrucke schnell ab, ändert zuletzt das Zeichen und nimmt dann wieder schnell zu. Die Wiederholung eines Versuches giebt bei der Spitzenstellung starker abweichende Zahlen, als bei der Flächenstellung, und in der Nähe des Luftdruckes, wo die Ablenkung ihr Zeichen ändert, also von 10 bis 14 Zoll Druck an, ist selbst dies Zeichen nicht constant. Es ist zu erwarten, dass diese Unsicherheit schon bei einem kleineren Drucke eintritt, wenn man bedeutend stärkere Ladungen der Batterie, als hier, anwendet; doch habe ich keinen solchen Versuch ange stellt, der, ohne ein besonderes Interesse zu bieten, die Galvanometerrolle gefährdet haben würde. Bei 14 Zoll und höherem Drucke erfolgt die Ablenkung bei jeder Stellung des Ventils zumeist im Sinne eines dem Hauptstrome gleichgerichteten Stromes, und im Allgemeinen sind bei Flächenstellung des Ventils die Ablenkungen grösser als bei Spitzenstellung. Nur bei vollem Luftdrucke gab die Spitzenstellung, wie ich öfter gesehen habe, eine grössere Ablenkung als die Flächenstellung.

7. Die bisher aufgeföhrten Versuche zeigen, dass das elektrische Ventil, bei gehöriger Verdünnung der Luft darin, von den beiden entgegengesetzt gerichteten Strömen, die den Nebenstrom bilden, denjenigen zur sichtlichen Wirkung kommen lässt, dessen Lauf von der Fläche zur Spitze des Ventils geht. Es könnte aber seyn, dass auch der anders gerichtete Strom, nur mit bedeutend geringerer Elektrizitätsmenge, durch das Ventil ginge. Dann müsste ein zwei-

tes Ventil, das der Bildung des anders gerichteten Stromes ein zweites Hindernis entgegengesetzt, die Ablenkung vergrößern, die durch Ein Ventil bewirkt wird. Zwei gleiche Ventile, in welchen der Luftdruck 2 Linien betrug, wurden erst einzeln, dann gleichzeitig in die Schließung des, wie in (6) erregten Nebenstromes gebracht.

Magnetische Ablenkung durch den Nebenstrom, bei		
	Spitzenstellung	Flächenstellung
des Ventils 1	— 34 Seth.	+ 37
2	— 35,5	+ 37
beider Ventile	— 35	+ 36

Die nahe gleiche Ablenkung bei Anwendung von Einem Ventile und von beiden Ventilen lehrt, dass Ein Ventil nur den Strom zu Stande kommen lässt, dessen Richtung die Ablenkung angibt. Als beide Ventile mit entgegengesetzter, abwechselnder Stellung in die Schließung eingeschaltet waren, erfolgten die Ablenkungen

+ 10,5 + 14 + 12,5 + 14

Wenn also das Entstehen beider Ströme in gleicher Weise erschwert wird, so kommt mit sehr verminderter Elektricitätsmenge der Strom zu Stande, der in der Nebenspirale dem Strome in der Hauptspirale gleichgerichtet ist.

Magnetisirung von Stahlnadeln durch den Haupt- und Neben-Strom der Batterie.

8. In Versuchen die ich über den Einfluss von Metallhüllen auf die Magnetisirung angestellt habe¹⁾), wurden drei Nadeln durch dieselbe Entladung der Batterie magnetisiert. Auf die erste Nadel wirkte der Hauptstrom allein, auf die zweite der Hauptstrom und zugleich der durch ihn erregte Nebenstrom, auf die dritte der Nebenstrom allein. Aber die Wirkung des Nebenstromes allein ließ keinen Schluss zu auf die durch Haupt- und Nebenstrom zugleich ausgeübte Wirkung, da es häufig vorkam, dass die vom Nebenstrom magnetisierte Nadel entgegengesetzt gerichtet war der vom Hauptstrome magnetisierten, und dennoch der-

1) Monatsberichte 1863, 346.

selbe Nebenstrom die Wirkung des Hauptstromes verstärkte. Es war vorauszusehen, dass dieser Widerspruch fortfallen würde, wenn die beiden entgegengesetzt gerichteten Theile des Nebenstromes von einander geschieden würden und nur einer von ihnen zu Stande käme.

Es wurde der am angeführten Orte S. 356 beschriebene Apparat gebraucht. Zwei gleiche cylindrische Spiralen, jede von 46 Windungen, waren in dem Schließungsbogen der Batterie angebracht. Die erste Spirale blieb leer, in die andere wurde eine Spirale von 220 Windungen geschoben, deren Enden durch eine gleiche Spirale mit einander verbunden waren. In diese Nebenschließung wurde jetzt durch die beiden Drähte (3) die Rolle des Spiegelgalvanometers, und in eine Lücke der Schließung ein el. Ventil eingeschaltet. Bei jedem Versuche wurden 3 Stahlnadeln von $2\frac{1}{2}$ Zoll Länge in die Spiralen gelegt und magnetisiert. Die Magnetisirung, deren Richtung durch die Stellung des Ventils bestimmt wurde, war so stark, dass ich eine viel schwächere Ladung der Batterie, als in den früheren Magnetisungsversuchen, gebrauchen musste. Statt der Elektricitätsmenge 15 wurde hier nur die Menge 8 aus 3 Flaschen entladen, und dennoch eine stärkere Magnetisirung erhalten als früher. Die Stellung des Ventils wie die Zeichen der Magnetisirung und der durch den Nebenstrom bewirkten Ablenkung am Galvanometer sind in Bezug auf einen Strom gegeben, der in der Nebenspirale dem Hauptstrome gleichgerichtet wäre. Der Luftdruck im Ventile stieg während der Versuche von $\frac{5}{4}$ auf 4 Linien.

Stellung des Ventils	Ablenkung durch den Nebenstrom	Magnetisirung durch den Haupt- strom			Haupt- u. Neben- strom	Angabe des Magneto- skops
		Haupt- strom	Neben- strom	Angabe des Magneto- skops		
Flächenstellung	+ 2,7 Scalenthälfte	+ 22,7	+ 58	+ 53		
	+ 3,8	+ 21,5	+ 61	+ 62,4		
Spitzenstellung	- 3,2	+ 24,5	- 26,1	- 59		
	- 3,3	+ 21,7	- 19	- 58,7		
Flächenstellung	+ 3,3	+ 26,2	+ 62	+ 59		
	+ 3,3	+ 21,7	+ 59,7	+ 61,2		
Spitzenstellung	- 3,3	+ 22	- 28,5	- 59,7		
	- 3,5	+ 20,7	- 30,5	- 61,7		
Flächenstellung	+ 3,3	+ 21,7	+ 61	+ 59,2		
Spitzenstellung	- 3,2	+ 24,1	- 24,6	- 57,1		

9. Der Einfluß des durch ein Ventil gegangenen Nebenstromes auf die vom Hauptstrome bewirkte Magnetisirung tritt hier auf das Klarste hervor. Wenn der Nebenstrom allein dem Hauptstrome gleichgerichtet magnetisirt, verstärkt er, mit jenem vereint, die Magnetisirung; wo er ihm entgegengerichtet magnetisirt, bestimmt er die Richtung der gemeinschaftlich magnetisirten Nadel. Dass er im zweiten Falle nicht blos den vom Hauptstrome erregten Magnetismus schwächt, führt davon her, dass der Hauptstrom aus 46, der Nebenstrom aus 220 Spiralwindungen auf die Nadel wirkt.

Auffallend bei diesen Versuchen bleibt nur, dass bei gleichartiger Wirkung beider Ströme der Hauptstrom sehr wenig, bei entgegengesetzter Wirkung sehr kräftig wirkt. Unter positiven Zeichen sind die Magnetisirungen durch den Nebenstrom allein und durch beide Ströme zugleich wenig von einander verschieden, unter negativen Zeichen aber sehr bedeutend. Es kommen Fälle vor, in welchen bei den Verstärkungen der Nebenstrom allein stärker magnetisirt, als mit dem Hauptstrom vereint. Dies hat nicht den Grund, dass die stärksten Magnetisirungen dem Sättigungszustande der Nadeln nahe lagen. In einer früher angestellten Versuchsreihe, in welcher das Galvanometer und die zu ihm führenden Drähte fehlten, trat der bemerkte Umstand viel auffallender hervor, indem alle positiven Magnetisirungen durch den Nebenstrom allein gröfser waren, als die gleichzeitig durch den Haupt- und Nebenstrom bewirkten, und zugleich erstreckten sich die Ablenkungen am Magnetoskop bis 80 Grad. Es liegt also hier wieder einer jener räthselhaften Fälle vor der gleichzeitigen Magnetisirung durch verschiedene Ströme, von welchen in dem angeführten Aufsatze Beispiele gegeben wurden.

10. Die Richtung der Magnetisirung durch den Nebenstrom bei Anwendung des elektrischen Ventils mit dünner Luft unterliegt derselben Regel, wie die der Ablenkung am Galvanometer. *Der Nebenstrom magnetisirt bei jeder Stellung*

des Ventils im Sinne eines Stromes, der von der Scheibe zur Spitze des Ventils geht.

Merkwürdig ist die starke Magnetisirung durch einen schwachen Nebenstrom, der am Galvanometer eine Ablenkung von nur $3\frac{1}{2}$ Scalentheilen hervorbrachte. Erregt man den Nebenstrom in einer ebenen Spirale und läßt ihn durch ein Ventil gehn, so giebt er das leichteste und kräftigste Mittel, einer Stahlnadel durch die Batterie Magnetismus in einer und der andern Richtung zu ertheilen. Der Nebenstrom übertrifft hierin bei Weitem einen Hauptstrom, der eine gleiche Ablenkung am Galvanometer hervorbringt, und es wird hieraus der große Einfluß klar, der bei gleichzeitiger Magnetisirung durch Haupt- und Nebenstrom dem letztern zukommt.

11. Im Schließungsdrähte der Batterie, im Fall er weder durch ungewöhnliche Länge noch eine besondere Einrichtung die Bildung des Nebenstromes begünstigt, kommt wesentlich nur der Entladungsstrom zur Wirkung, der nur nach einer Seite gerichtet ist. Das elektrische Ventil muß demnach auf die durch den Strom bewirkte magnetische Ablenkung ohne Einfluß bleiben. Da aber, wie die Untersuchung der Erwärmung im Bogen gelehrt hat, die Art der Entladung des Stromes je nach der Stellung des Ventils eine verschiedene ist, so war zu erwarten, daß das Ventil die Magnetisirung ändern werde. In die Schließung einer Batterie von 3 Flaschen, die mit der Menge 12 geladen wurde, war die Rolle des Galvanometers, eine cylindrische Spirale von 46 Windungen und das Ventil eingeschaltet. Bei jedem Versuche wurde eine $2\frac{1}{2}$ zöllige Stahlnadel in die Spirale gelegt und danach am Magnetoskop geprüft. Der Luftdruck im Ventile betrug zwei Linien. Die Richtung der Ablenkung und Magnetisirung entsprach überall der Richtung des Entladungsstromes.

Ablenkung und Magnetisirung durch den Hauptstrom, bei Spitzenstellung		Flächenstellung des Ventils	
Ablenkung	Magnetisirung	Ablenkung	Magnetisirung
+ 11,5	Seth.	+ 16,5	Grad
11,5		17	
12		17	
12		18,6	
11,7		21,5	
		12	
		12	
		11,5	
		12,3	
		12	
			30,1
			32,5
			34,4
			34,1
			33,7

Die magnetische Ablenkung durch den Hauptstrom ist dieselbe, das Ventil mag gegen ihn die Flächenstellung oder die Spitzenstellung haben, aber die Magnetisirung ist bei der Flächenstellung bedeutend stärker. Es kommt dies völlig überein mit früheren Versuchen, in welchen die Erwärmung im Schließungsbogen viel größer bei der Flächenstellung des Ventils gefunden wurde, als bei der Spitzenstellung^{1).}

Magnetische Ablenkung durch die Ströme höherer Ordnung.

12. Der secundäre Strom der Batterie, vorzugsweise Nebenstrom genannt, erregt in einem Drahte, der einem Theile seiner Schließung parallel nahe liegt, den tertiären Strom, dieser in gleicher Weise den Strom 4ter Ordnung u. s. f. Alle diese Nebenströme der Batterie, wenn sie durch ein el. Ventil mit hinlänglich dünner Luft geschickt werden, lenken die Nadel des Multiplicators nach derselben Regel ab, indem die Richtung der Ablenkung einem Strome entspricht, der von der Fläche zur Spitze des Ventils geht. Ich habe Dieses bis zum Strome flüster Ordnung verfolgt, zweifle aber nicht, dass es auch bei Strömen noch höherer Ordnung statt finden werde. Bei einem einzelnen Versuche mit dem Ventile lässt sich also an der magnetischen Ablenkung kein Unterschied wahrnehmen zwischen einem Nebenstrom irgend einer Ordnung und dem Strome nächst niedriger oder höherer Ordnung. Ein solcher Unterschied

1) Monatsberichte 1855, 397. Poss. Ann. Bd. 96 S. 181.

tritt aber in auffallender Weise hervor, wenn man eine längere Versuchsreihe anstellt, bei der die Luft im Ventile von starker Verdünnung successiv zum vollen Luftdrucke gebracht wird. Dies zeigen die folgenden Versuche.

13. Die in (3) beschriebene Spirale von 13 Fuß Drahtlänge wurde im Schließungsbogen der Batterie so angebracht, dass der Entladungsstrom in ihre Mitte eintrat und aus ihrem Ende austrat. Der Spirale stand in 1 Linie Entfernung die gleiche Nebenspirale normal gegenüber, und diese wurde durch zwei Drähte mit einer ebenen Spirale von 31 Umgängen und 53 Fuß Drahtlänge (der secundären Hauptspirale) in der Art verbunden, dass die Mitte jeder Spirale mit dem Ende der andern in Verbindung stand. Der secundären Hauptspirale wurde eine ihr gleiche Spirale (die tertäre Nebenspirale) bis 1 Linie normal genähert, und zur Untersuchung des tertären Stromes die Enden der letztern mit der Galvanometerrolle und dem Ventile verbunden.

Ich bemerke sogleich, dass auch in der Folge je zwei Spiralen, die zu Einem Kreise gehörten, an entgegengesetzten Enden mit einander verbunden wurden. Dadurch ist die Angabe des Sinnes der Ablenkung und der Stellung des Ventils bei einem Nebenstrom jeder Ordnung leicht und unzweideutig. Da nämlich jene Angabe stets auf den Hauptstrom bezogen wird, und durch die angegebene Verbindung der Spiralen ein dem Hauptstrome gleichgerichteter Strom in jeder Spirale von der Mitte zum Rande laufen musste, so sagt das positive Zeichen der Ablenkungen, dass sie in dem Sinne eines Stromes geschehn, der aus dem Randende der letzten Spirale austritt, und »Spitzenstellung des Ventils«, dass die Platinspitze des Ventils mit jenem Ende metallisch verbunden ist. Zur Erläuterung des Gesagten füge ich die schematische Zeichnung des Apparates hinzu, der bei Untersuchung des Stromes 5ter Ordnung gebraucht wurde. In Fig. 2 Taf. VI deuten die Pfeile die ebenen Spiralen an, die Spitzen daran entsprechen den Randenden, und geben zugleich die Richtung gleichlaufender Ströme.

Mit r ist die Rolle des Galvanometers, mit e das el. Ventil bezeichnet. Letzteres steht in der Figur in Spitzenstellung.

14. Bei den folgenden Versuchen mit dem tertären Strome bestand, wie oben bei dem secundären, die Batterie aus 3 Flaschen und wurde mit der Menge 10 geladen.

Magnetische Ablenkung durch den tertären Strom, bei		Spitzenstellung des Ventils	Flächenstellung
Lufdruck im Ventile	Linien		
	1,5	— 32 Sch.	+ 31
	5	— 29	+ 29
1		— 25	+ 19
2		— 19	+ 14
4		— 16	+ 13
8		— 14,5	+ 6
12		— 10	+ 4
16		— 11,5	+ 1,5
20		— 13	+ 0,3
24		— 14	— 5
28	2	— 15	— 13,5

Wie bei dem secundären Strome erfolgen hier die meisten Ablenkungen bei Flächenstellung des Ventils im Sinne eines dem Hauptstrome gleichgerichteten, bei Spitzenstellung eines ihm entgegengerichteten Stromes. Aber im Gegensatze zu den Versuchen am secundären Strome sind es hier die Ablenkungen bei der Spitzenstellung, die mit wachsendem Lufdrucke langsam abnehmen und durchweg ihr Zeichen behalten, während die Ablenkungen bei Flächenstellung des Ventils schnell sinken und in der Nähe des vollen Lufdruckes ihr Zeichen ändern.

15. Die letzte Spirale an dem eben benutzten Apparate wurde mit einer ebenen Spirale von 31 Windungen und 53 Fuß Drahtlänge verbunden, dieser eine gleiche Spirale (Nebenspirale 4ter Ordnung) in 1 Linie Entfernung normal nahegestellt und die Nebenspirale durch die Galva-

nometerrolle und das Ventil geschlossen. Die Ablenkungen, mit Ausnahme der eingeklammerten, wurden wie bisher durch Entladung der Menge 10 aus 3 Flaschen erhalten.

Zoll	Linien	Magnetische Ablenkung durch den Strom vieter Ordnung, bei Luftdruck im Ventile	
		Spitzenstellung	Flächenstellung des Ventils
	$1\frac{1}{4}$	— 23	Seth. + 23
	5	— 21	+ 22
1		— 18	+ 18
2		— 14	+ 16
4		— 8	+ 14,5
8		— 6	+ 13,5
12		— 2	+ 11
16		+ 1	+ 10,5
20		+ 6,5	+ 9
24		(+ 6)	(+ 14)
28	$1\frac{1}{2}$	(+ 10)	(+ 16)

Bei dem Luftdrucke von 24 und 28 Zoll musste die Elektricitätsmenge 12 zur Ladung der Batterie gebraucht werden, weil sonst der Strom nicht durch das Ventil ging. Bei dem Strome vieter Ordnung ist es wieder, wie bei dem Strome zweiter Ordnung, die Flächenstellung des Ventils, welche die langsam abnehmenden, durchweg gleichgerichteten, Ablenkungen liefert.

16. Um den Strom fünfter Ordnung zu erhalten, wurde die letzte der gebrauchten Spiralen mit einer cylindrischen Spirale von 52 Fuss Drahtlänge verbunden, zwischen deren 32 Windungen, 1 Linie von ihnen entfernt, eine gleiche Spirale gewunden war, welche die Nebenspirale 5ter Ordnung bildete. Mit dieser wurden Galvanometerrolle und Ventil verbunden. Die Batterie musste hier stärker als früher, nämlich mit der Menge 15 geladen werden.

Magnetische Ablenkung durch den Strom fünfter Ordnung, bei
Luftdruck im Ventile Spaltenstellung Flächenstellung

Zoll	Linien	des Ventils
1 $\frac{3}{4}$	— 22	Seth. + 23
5	— 22	+ 22
1	— 20	+ 16
2	— 15,5	+ 13,5
4	— 16	+ 10,5
8	— 13	+ 5,5
12	— 11	+ 3,5
16	— 12	0
20	— 12	— 5,5
24	— 15	— 7,5
28	1	— 6

Bei dem Drucke von 16 Zoll und Flächenstellung des Ventils wurde keine Ablenkung erhalten, obgleich der Strom mit einem hellen Funken durch das Ventil ging. Der Strom fünfter Ordnung entspricht in dem Verlaufe der durch ihn bewirkten Ablenkungen ganz dem Strome dritter Ordnung; bei beiden ist es die Spaltenstellung des Ventils, welche die langsame Abnahme gleichgerichteter Ablenkungen zur Folge hat.

17. Giebt man diesen Versuchen, wie es wol erlaubt ist, allgemeine Geltung, so folgt aus ihnen der Satz: *Bei Flächenstellung des Ventils und successiver Zunahme des Luftdrucks darin tritt die langsame Abnahme gleichgerichteter Ablenkungen ein bei den Strömen gerader Ordnung, eine schnelle Abnahme und Wechsel der Richtung bei den Strömen ungerader Ordnung.*

Bei der Spaltenstellung des Ventils gilt der Satz nach Vertauschung der beiderartigen Ströme.

Mit Hülfe dieser beiden Sätze kann über einen vorhandenen Nebenstrom, bei Kenntniß seiner Lage gegen den Hauptstrom, leicht entschieden werden, ob er von gerader oder ungerader Ordnung ist. Am sichersten geschieht die Entscheidung durch Beobachtung der Abnahme auf einan-

der folgender Ablenkungen, wenn der Luftdruck im Ventile von 4 bis 16 Zoll geändert wird. Bequemer scheint dazu die Benutzung des Ventils mit vollem Luftdrucke und das Aufsuchen der Stellung desselben, bei welcher eine der Regel widersprechende Richtung der Ablenkung eintritt. Geschieht Dies bei der Flächenstellung, so liegt ein Strom ungerader Ordnung vor, und ein Strom gerader Ordnung wenn es bei der Spitzenstellung geschieht. Aber die Richtung der Ablenkung bei vollem Luftdrucke im Ventile ist nicht so constant, als dass man die Entscheidung ohne öftere Wiederholung des Versuches treffen könnte.

18. Der Name elektrisches Ventil deutet auf die Eigenheit des Instruments, bei gehöriger Verdünnung der Luft darin, von den beiden Theilen des Nebenstromes der Batterie nur den Theil zu Stande kommen zu lassen, der seinen Lauf von der Scheibe zur Spitze des Ventils nimmt. Ob Dies auch bei einem größern Complexe entgegengesetzter Ströme geschehen würde, musste der Versuch entscheiden, und es war von vornherein nicht zu bestimmen, dass das Ventil dieselbe Eigenheit auch bei den Strömen höherer Ordnung beibehalten werde. Die Dichtigkeit, und daher der Ursprung der zu sondernden Ströme ist auf die Wirkung des Ventils von größtem Einfluss, wie der schroffe Gegensatz zeigt, in dem der Gaugain'sche Versuch zu allen Versuchen dieser Abhandlung steht. In diesem bekannten Versuche wird nämlich die Magnetnadel durch den Oeffnungsstrom des Inductorium nur dann abgelenkt, oder doch bei Weitem am stärksten abgelenkt, wenn der Strom zuerst die Spitze des Ventils trifft. Die Ablenkung erfolgt also im Sinne eines Stromes, der von der Spitze zur Fläche des Ventils geht.

Ich habe diese Ausnahme von der an der leydener Batterie gewonnenen Regel auch deshalb nicht unerwähnt lassen wollen, weil mir das Ventil, mit den hier niedergelegten Erfahrungen, geeignet scheint, uns über den vielbenutzten Strom des Inductorium, den verwickeltesten aller elektrischen Ströme, einige Aufklärung zu verschaffen.

Magnetische Ablenkung durch den Nebenstrom im Schließungsdrähte der Batterie.

19. Es ist oben (11) bemerkt worden, dass im Schließungsdrähte der Batterie, wenn er nicht durch grosse Länge oder eine besondere Einrichtung die Bildung des Nebenstromes begünstigt, wesentlich der Hauptstrom die Ablenkung der Magnetnadel bewirkt. Eine jener Einrichtungen ist die Anlegung eines Zweiges an den Schließungsdräht, weil alsdann der in jedem Zweige erregte Nebenstrom durch den andern Zweig ablaufen kann. Sind die Zweige an Länge oder Form von einander verschieden, so kommt in ihnen ein Nebenstrom zu Stande, durch den man, wenn er bei Unterbrechung der Leitung auf die Magnetnadel wirkt, eine grössere Ablenkung hervorzubringen vermag, als die durch den Hauptstrom bewirkte. Buff hat Dies zuerst am Conductor der Elektrisirmaschine nachgewiesen, von welchem er anhaltend Funken auf eine nahestehende Kugel schlagen ließ. Von der Kugel führte ein Draht, in welchem sich eine durch zwei kleine Kugeln gebildete Lücke von $\frac{1}{2}$ Millimeter Weite befand, zu der Drahtrolle eines Multiplicators mit Doppelnadel. Die Rolle hatte, was hier wesentlich ist, eine geringe Drahtlänge und nur 30 Windungen; ihr freies Ende war mit dem Reibzeuge der Maschine verbunden. Es wurden einige Ablenkungen am Multiplicator beobachtet und darauf diese Beobachtungen wiederholt, nachdem an zwei Punkten der Leitung, zwischen welchen die Lücke und der Multiplicator lag, ein Drahtzweig angelegt war, zu dem eine cylindrische Spirale von 138 Windungen und 4 Meter Drahtlänge gehörte. Bei verschiedener Länge der vom Conductor überschlagenden Funken wurden folgende Ablenkungen erhalten¹).

Funkenlänge Millimeter	Ablenkung am Multiplicator	
	Ohne Zweig	Mit Zweig
25	+ 2,5 Grad	- 12
28	+ 2	- 28
30	+ 2	- 26

1) Ann. d. Chemie und Pharm*. 86, 311 (1853).

Man sieht hier den Hauptstrom die Nadeln um 2 Grad ablenken und den Nebenstrom, der durch einen Theil jenes Stromes in der Spirale erregt wurde, eine viel grössere, im zweiten Versuche die 14fache Ablenkung hervorbringen. Die entgegengesetzten Zeichen der Ablenkung lehren, dass es der dem Hauptstrome gleichgerichtete Nebenstrom war, welcher den durch die Zweige gebildeten Kreis und die darin angebrachte Lücke durchlief. Dies Ergebnis ist an dem einfachsten Apparate, durch die Verschiedenheit der Zweige und die Unterbrechung in freier Luft des einen Zweiges erhalten worden.

20. Mit Anwendung des elektrischen Ventils erhält man am Schließungsdrähte der Batterie, und zwar bei gleichen wie ungleichen Zweigen, eine überraschende Wirkung des Nebenstromes in einem Versuche, den Feddersen angegeben hat, aber mit gänzlicher Umgehung des Nebenstroms deutet will¹⁾). Folgende ist eine Wiederholung des interessanten Versuchs. An dem Wiedemann'schen Galvanometer wurden beide Drahtrollen aufgesetzt, so dass der magnetisirte Spiegel sich zwischen ihnen befand. Die Rollen waren durch zwei Drähte an entgegengesetzten Enden mit einander verbunden; die Mitte des einen Verbindungsdrähtes stand mit dem Theile der Schließung, der zur inneren Belegung der Batterie führte, die Mitte des andern mit der äussern Belegung in Verbindung. Der Schließungsdräht der Batterie theilte sich also in zwei völlig gleiche Zweige, welche den Stahlspiegel einschlossen, und zu jedem Zweige gehörte eine Drahtrolle. Da nun der Entladungsstrom nach seiner Theilung die Rollen in entgegengesetzter Richtung durchlief, so konnte der Spiegel nur die Differenz der Ablenkungen zeigen, die ihm die Rollen einzeln

1) Ber. d. k. sächs. Ges. d. Wiss. 1861. Pogg. Ann.* Bd. 115, S. 336. Nach der Bemerkung am Schlusse des Aufsatzes zu urtheilen, sieht Feddersen in seinem Versuche den entscheidenden Beweis für die Annahme, dass der Entladungsstrom im Schließungsdrähte zu öfteren Malen hin- und zurückfließe. Wirklich ist es der auffallendste Versuch, der zur Stütze dieser Annahme angestellt worden ist.

ertheilt haben würden. Es war leicht, die Entfernung der Rollen vom Spiegel so zu reguliren, dass keine Ablenkung eintrat, als die Elektricitätsmenge 6 aus 3 Flaschen durch den Bogen entladen wurde. Darauf wurde in jeden Zweig ein Ventil eingeschaltet, nahe der Stelle, wo der Entladungsstrom eintrat, und den Ventilen gegen diesen Strom die entgegengesetzte Stellung gegeben. Die Luft in den Ventilen hatte 2 Linien Quecksilberdruck. Die Entladung der genannten Menge aus der Batterie brachte nun eine Ablenkung des Spiegels hervor (nach steigenden Zahlen der Galvanometerscale) von + 136 Scth. und, als jedes Ventil in seinem Zweige umgekehrt war, von — 128 Scth.

Die starken Ablenkungen nach entgegengesetzter Richtung röhren von den beiden Nebenströmen her, die in den Rollen der Zweige erregt und durch die Stellung der Ventile so gerichtet werden, dass sie sich bei der Ablenkung des Spiegels unterstützen. Da nämlich die Ventile gegen den zwischen ihnen eintretenden Hauptstrom in entgegengesetzte Stellung gebracht sind, so befinden sie sich in gleicher Stellung gegen einen Strom, der in einem Zweige erregt ist und beide Zweige durchläuft. In der einen Rolle kommt der dem Hauptstrome gleichgerichtete, in der andern der ihm entgegenlaufende Nebenstrom zu Stande, und beide Ströme müssen den Spiegel nach derselben Seite ablenken. Man braucht nur ein Schema des Apparats zu entwerfen und die Regel anzuwenden, dass ein Nebenstrom stets im Sinne eines Stromes ablenkt, der von der Fläche zur Spitze des Ventils geht, um in jedem Versuche die Richtung der Ablenkung vorauszusagen.

21. Uebersichtlicher wird der Versuch in folgender vereinfachten Form. Ich verband durch zwei, einige Fuß lange Drähte die gleichgelegenen Enden der Galvanometerrollen, und sodann die Mitte jedes Verbindungsdrähtes mit einer der beiden Belegungen der Batterie. Es blieb nur die Rolle des einen Zweiges in der Nähe des Spiegels und die des andern wurde von ihm so weit entfernt, dass auch ein starker Entladungsstrom durch sie gehen konnte, ohne

den Spiegel zu bewegen. Bei schiefer Stellung der Rollenwindungen gegen die Ebene des Spiegels war dazu eine Entfernung von 19 Zoll mehr als hinreichend.

Es wurde die in (20) gebrauchte Ladung (Elektricitätsmenge 6 in 3 Flaschen) zuerst durch den ganz metallischen Schließungsbogen geschickt und in 3 Versuchen die Ablenkung beobachtet. Dann wurden die Beobachtungen wiederholt, nachdem in jedem Zweige ein Ventil angebracht (Luftdruck darin $1\frac{3}{4}$ Lin.) und beiden Ventilen gegen den Entladungsstrom die entgegengesetzte Stellung gegeben war. In der folgenden Tafel ist nur die Stellung des Ventils in dem Zweige angegeben, der auf den Spiegel wirkt, woraus sich die Stellung des Ventils im entfernten Zweige ergiebt.

Schließung	Magnetische Ablenkung durch einen Zweig d. Schließungsbogens, bei ganz metallischer	
	Spitzenstellung	Flächenstellung
+	3,8 Scalentheile	des Ventils im Zweige
+	— 75	+ 95
+	— 80	+ 93
+	— 82	+ 92

In der ganz metallischen Schließung röhrt die Ablenkung allein vom ungestörten Hauptstrome her, weil der in der einen Drahtrolle erregte Nebenstrom von dem ihm gleichen aber entgegengerichteten Nebenstrome der andern Rolle aufgehoben wird. Nach Einschaltung der Ventile kommt von jedem Nebenstrome nur ein Theil zu Stande, und da beide Theilströme gleichgerichtet sind, so ist ihnen die Ablenkung in bei Weitem überwiegenden Maafse zuzuschreiben. Die Richtung dieser Ablenkung ist der vielfach aufgezeigten Regel des Nebenstromes gemäfs, und die Grösse derselben im Vergleich mit der Ablenkung durch den Hauptstrom (sie erreicht hier das 23fache) kann nicht im Geringsten auffallen. Als (5) der Nebenstrom in einer ebenen Spirale von 14 Umgängen und 13 Fuß Drahtlänge aus der Entfernung von 1 Linie erregt war, betrug die Ablenkung durch den Nebenstrom schon das Vierfache der durch den Hauptstrom bewirkten Ablenkung; hier wird

der Nebenstrom im Innern selbst zweier cylindrischen Spulen erregt, von welchen jede 40 Windungen bei 30 Fuss Drahtlänge besitzt. Bei der Spitzenstellung des Ventils im ablenkenden Zweige kommt in der Rolle desselben der dem Hauptstrome entgegengerichtete Nebenstrom zu Stande und läuft durch den andern Zweig; in diesem entsteht der dem Hauptstrome gleichgerichtete Strom, der durch den ersten Zweig geht und die durch ihn bewirkte Ablenkung verstärkt. Die schematische Zeichnung des Apparats bei diesem Versuche ist Taf. VI Fig. 3 gegeben. Mit s ist der Spiegel, mit r sind die Drahtrollen, mit v die Ventile bezeichnet. Bei Flächenstellung des Ventils im ablenkenden Zweige sind die beiden in den Rollen entstehenden Nebenströme entgegengesetzter Art und Richtung. Der Nebenstrom jeder Drahtrolle hat zwei, gegen ihn gleichliegende Ventile zu durchlaufen, dass aber dadurch die Grösse der Ablenkung nicht vermindert wird, ist in (7) gezeigt worden.

22. Die magnetische Ablenkung wird in diesen Versuchen durch einen Strom bewirkt, der aus zwei Elektricitätsquellen, den beiden Galvanometerrollen, entspringt. Schafft man die eine Quelle fort, so muss eine geringere Ablenkung eintreten. Die vom Spiegel entfernte Rolle wurde aus ihrem Zweige fortgelassen, und ihre Stelle durch einen 19 Linien langen 0,119 Linie dicken Platindraht ausgefüllt. Mit dieser Veränderung wurden die Versuche wiederholt. Die Ablenkung durch die ganz metallische Schliessung zeigt, dass dieselbe Theilung des Entladungstromes in den Zweigen stattfand, wie bei Anwesenheit der Rolle.

Magnetische Ablenkung durch einen Zweig des Schliessungsbogens, bei ganz metallischer Schliessung		
	Spitzenstellung	Flächenstellung
+	4,0 Seth.	- 19 + 42
+	4,0	- 18 + 40
+	4,0	- 18 + 41

In den Zweigen der ganz metallischen Schliessung, von welchen der eine Zweig die grössere Länge und die Spi-

ralform hat, kam zwar ein Nebenstrom zu Stande, konnte aber Nichts zur Ablenkung beitragen, weil er einen geschlossenen Kreis durchlief. Die Ablenkung durch den Nebenstrom bei Flächenstellung des Ventils beträgt nur das Zehnfache der durch den Hauptstrom bewirkten, ist also ganz der Erwartung entsprechend, die Ablenkung bei der Spitzenstellung ist dagegen bedeutend kleiner. Zugleich traf es sich nicht selten (in der mitgetheilten Reihe bei dem Versuche einer vierten Beobachtung) dass bei der Spitzenstellung des Ventils keine Ablenkung eintrat, und der Hauptstrom grösstentheils durch den vom Spiegel entfernten Zweig überging. Dies ist eine Folge davon, dass bei dieser Stellung der Ventile der dem Hauptstrome entgegengerichtete Nebenstrom entstand, der bei seiner geringen Dichtigkeit niemals in ganzer Stärke durch die Ventile ging, während in (21) sein vollständiger Uebergang dadurch gesichert war, dass er durch den dem Hauptstrome gleichgerichteten Nebenstrom der zweiten Rolle unterstützt wurde, der eine grössere Dichtigkeit, als er, besitzt. Ging der Nebenstrom schon nach den ersten Partialentladungen der Batterie nicht durch die Ventile, so gingen alle folgenden Partialentladungen allein von Fläche zu Spitze des im entfernten Zweige befindlichen Ventils.

Bei der vollkommenen Uebereinstimmung mit den Gesetzen der Ablenkung durch den Nebenstrom, zeigen die Versuche in (21) und (22) das Auftreten des Nebenstromes in der Hauptschliessung der leydener Batterie nicht minder deutlich, als meine früheren Versuche über die Erwärmung der Zweige¹⁾.

1) Monatsberichte 1859, S. 6. Pogg. Ann. Bd. 106, S. 207.

II. *Der Satz von Thomson in Bezug auf die Wirkung der Elektromagnete und Folgerungen aus demselben; von Julius Dub.*

In der Einleitung zu seiner Abhandlung über den remanenten Magnetismus sagt Joule¹⁾: »Die werthvollen Untersuchungen, welche neuerdings von Weber, Robinson, Müller, Dub u. A. angestellt sind, beziehen sich hauptsächlich auf die Anziehung des Ankers und sind nicht geeignet einen der obigen Sätze (hinsichtlich der Stromstärke und der Drahtlänge der Spirale) zu bestätigen oder zu widerlegen; und die richtige Ansicht ist wahrscheinlich die (Joule brieflich mitgetheilte) des Hrn. Prof. Thomson, der sie beide nur als untergeordnete Sätze des allgemeinen Gesetzes ansieht, »dafs ähnliche Stangen von verschiedenen Dimensionen, auf ähnliche Weise mit Drahtgewinden umwickelt, deren Längen den Quadraten ihrer linearen Dimensionen proportional und von gleichen Strömen durchflossen sind, eine gleiche Kraft auf ähnlich liegende Punkte hervorbringen.«

Ich batte diesen Satz so allgemein aufgefasst, wie er nach der hier gegebenen Darstellungsweise genommen werden kann, daß nämlich auch ähnlich liegende Punkte in den ähnlichen Stangen gemeint wären²⁾ und deshalb die Richtigkeit des Satzes bestritten. Denkt man dagegen nur an ähnlich liegende Punkte außerhalb der Stäbe, also etwa in einer Magnetnadel, so ist der Satz vollkommen richtig, wie wir sogleich sehen werden.

Hr. Wiedemann hat zuerst die Uebereinstimmung dieses Satzes mit den von mir über die Form der Magnet-

1) *Proc. of Roy. Soc. T. VII.* p. 488 bis 490; *Phil. Mag.* (4) XI. 77 bis 79; *Phil. Trans.* 1856 p. 287 bis 295; *Berl. Ber.* 1855 p. 504; Dub Elektrom. S. 309.

2) Dub, Elektromagnetismus S. 310.

kerne aufgestellten Sätzen hervorgehoben, sagt aber dabei¹⁾): »Diese Uebereinstimmung der Sätze von Dub mit dem von Thomson ist indefs noch kein Beweis für die allgemeine Gültigkeit der ersteren, denn abgesehen vom Eintreten der Sättigung, muss Thomson's Satz auch unter anderen Bedingungen der Magnetisirung eines Stabes durch eine Magnetisirungsspirale gelten. Da nach diesem Satze der Stab von n facher Masse an allen seinen einzelnen Stellen gleichen magnetisirenden Kräften unterworfen ist, wie die entsprechenden Stellen des ihm ähnlichen Stabes von einfachen Dimensionen, so muss, welches auch sonst die Art der Magnetisirung sey, in allen Fällen die Zahl der in gleichem mittleren magnetischen Zustande befindlichen ähnlich liegenden Theilchen der Stäbe sich wie ihre Massen verhalten, und ebenso müssen sich auch die magnetischen Momente der Stäbe verhalten.«

I. Der Beweis des Satzes von Thomson.

An einer anderen Stelle sagt Hr. Wiedemann ferner über den Satz von Thomson²⁾: »Der einzige Satz, welcher bei der ungleich starken Einwirkung elektromagnetisirender Kräfte auf die einzelnen Theile beliebig gestalteter, z. B. gerader Eisenstäbe *a priori* eine allgemeinere rationelle Gültigkeit bewahrt, ist bisher der von Thomson aufgestellte.«

Wenn ich nun nicht irre, so glaubt Hr. Wiedemann in dem zuerst gegebenen Citat diesen Beweis *a priori* für den Satz von Thomson geliefert zu haben; allein ich kann diese Meinung nicht theilen. Hr. Wiedemann sagt da-selbst: »Da nach diesem Satze der Stab von n facher Masse an allen seinen einzelnen Stellen gleichen magnetisirenden Kräften unterworfen ist, wie die entsprechenden Stellen des ihm ähnlichen Stabes von einfachen Dimensionen, so usw.«

Von einem Stabe von n facher Masse, den wir lieber von n fachen Dimensionen und also von n^3 facher Masse

1) Wiedemann Elektrom. S. 349.

2) Pogg. Ann. Bd. 117. S. 240.

nennen wollen, kann man weder behaupten, daß er in allen seinen einzelnen Stellen gleichen magnetisirenden Kräften unterworfen ist, wie die entsprechenden Stellen des einfachen Stabes, noch kann man sagen (was Hr. Wiedemann wohl meint), alle einzelnen Theilchen hätten dieselbe magnetische Intensität, wie die entsprechenden Theilchen des einfachen Stabes. Wäre dies der Fall, so müßte die Wirkung auf einen ähnlich liegenden Punkt außerhalb des Stabes die n fache von der des einfachen Stabes seyn. Denn wegen der n fachen Entfernung würde die Wirkung *jedes einzelnen Punktes* das $\frac{1}{n^3}$ fache und wegen der n^3 fachen Masse das $n^3 \cdot \frac{1}{n^3}$ fache also das n fache von der des einfachen Stabes seyn.

Da nun aber nach Thomson's Satz die auf einen ähnlich liegenden Punkt ausgeübte Kraft nicht das n fache, sondern das einfache von der des einfachen Stabes ist, so muß der Magnetismus *jedes einzelnen Punktes* des Stabes von n fachen Dimensionen $\frac{1}{n}$ von dem *jedes Punktes* des einfachen Stabes seyn. Alle ähnlich liegenden Stellen sind also weder gleichen magnetisirenden Kräften unterworfen, noch haben sie gleiche magnetische Intensität, wie die entsprechenden Stellen des einfachen Stabes.

Hr. Wiedemann befindet sich also im Irrthume, wenn er durch die obige Deduction einen Beweis *a priori* des Satzes von Thomson gegeben zu haben meint. Ich muß ganz entschieden an der Möglichkeit eines solchen Beweises zweifeln, weil sich eben *a priori* die Intensität der einzelnen Theilchen nicht herleiten läßt.

Nimmt man dagegen die bis jetzt bekannten Sätze über den Elektromagnetismus als richtig an, so folgt aus denselben Thomson's Satz; besonders sind es die beiden von mir nachgewiesenen Sätze in Bezug auf die Länge und den Durchmesser der Magnetkerne, aus denen dieser Satz sich als *spezieller Fall* ergiebt.

1. *Der Magnetismus eines Elektromagneten ist der Anzahl der ihn bedeckenden Spiralwindungen proportional.*
2. *Der Magnetismus verschieden langer Elektromagnete wächst wegen der Vermehrung der Massentheilchen des Eisens (d. h. bei gleichem Polabstande) der Quadratwurzel ihrer Länge proportional, wenn auf ihnen dieselbe magnetisirende Kraft proportional vertheilt ist.*
3. *Der Magnetismus verschieden dicker Elektromagnete ist caeteris paribus der Quadratwurzel ihrer Durchmesser proportional.*

Diese sind die Sätze, aus denen man den Satz Thomson's herzuleiten im Stande ist. Bedenkt man, daß ein einem anderen ähnliches Drahtgewinde von n fachen Dimensionen n fache Weite und n fache Windungszahl haben und eben deshalb n^2 fache Drahtlänge besitzen muß, so kann man Thomson's Satz auch kürzer so aussprechen:

Stangen von n fachen Dimensionen mit n facher Windungszahl ähnlich bewickelt üben auf n fache Entfernungen gleiche Kraft aus.

Um zu diesem Satze zu gelangen hat man hinsichtlich der drei genannten Sätze Folgendes zu erwägen.

1. Die Menge der Theilchen eines Eisenkernes von n fachem Durchmesser ist bei gleicher Länge die n^2 fache von der eines Kernes von einfachem Durchmesser. Da nun aber wegen des n fachen Durchmessers eines Magnetkernes caeteris paribus der freie Magnetismus desselben nur in dem Verhältnis von $1 : \sqrt{n}$ steigt, und wir die Vertheilung des Magnetismus in dickeren Stäben analog der in dünneren annehmen können; so muß die magnetische Intensität jedes einzelnen Theilchens wegen der zunehmenden Dicke in dem n mal so dicken Stabe nur die $\frac{\sqrt{n}}{n^2}$ fache von der in den einzelnen Theilen des Kernes von der einfachen Dicke seyn.

2. Durch die n fache Länge eines Stabes wird die Menge der Theilchen die n fache von der des Stabes von der einfachen Länge. Nun wächst aber nach dem zweiten Satze

der fr
masse
lich ist
einzelne
chen d
3.
Spirale
nis vo
tismus
4.
auf de
jedes e
chen d
Ver
ähnlich
verhalt

1) v
2) v
3) v
4) v
5) v
die W
Wirku
verhalt
W
den Sa
Zu
Punkte
Theilc

der freie Magnetismus wegen der Vermehrung der Eisenmasse durch die Länge nur im Verhältnis von $1:\sqrt{n}$, folglich ist bei n facher Länge die magnetische Intensität *jedes einzelnen Theilchens* nur die $\frac{\sqrt{n}}{n}$ fache von der der Theilchen der einfachen Länge.

3. Wegen der n fachen Windungszahl der galvanischen Spirale steigt der Magnetismus *caeteris paribus* im Verhältnis von $1:n$, es muss also aus diesem Grunde der Magnetismus *jedes einzelnen Theilchens* der n fache werden.

4. Wegen der n fachen Entfernung von dem Punkte, auf den der Magnet seine Kraft ausübt, ist die Wirkung *jedes einzelnen Theilchens* das $\frac{1}{n^2}$ fache von der der Theilchen des einfachen Magneten.

Vergleichen wir nun die Wirkung zweier *ähnlichen* und *ähnlich liegenden* Theilchen, deren Größen sich wie $1:n^3$ verhalten, so verhalten sich die Wirkungen

- 1) wegen der n fachen Dicke wie $1:\frac{\sqrt{n}}{n^2}$,
- 2) wegen der n fachen Länge wie $1:\frac{\sqrt{n}}{n}$,
- 3) wegen der n fachen Windungszahl wie $1:n$,
- 4) wegen der n fachen Entfernung wie $1:\frac{1}{n^2}$,
- 5) wegen der n^3 fachen Masse wie $1:n^3$; d. h.
die Wirkungen *ähnlich liegender* Theilchen, mithin die Wirkungen der ganzen Stäbe, auf *ähnlich liegende* Punkte verhalten sich wie
 $1:\frac{\sqrt{n}}{n^2} \cdot \frac{\sqrt{n}}{n} \cdot n \cdot \frac{1}{n^2} \cdot n^3$, oder wie $1:1$.

Wir sehen also, dass die vorn genannten drei Sätze den Satz Thomson's als einen speciellen Fall einschliessen.

Zugleich folgt aus den unter 1, 2 und 3 angeführten Punkten, welche die magnetische Intensität der einzelnen Theilchen feststellen, dass diese $\frac{1}{n}$ von der der einzelnen

Theilchen des Stabes von einfachen Dimensionen ist, wie dies schon vorn hervorgehoben ist.

Nimmt man nun andererseits den Satz von Thomson als feststehend an, so werden durch ihn Fingerzeige für einen neuen Weg geboten, auf welchem die vorn genannten drei Sätze experimentell zu veranschaulichen seyen. Da dieser Weg ein Mittel zur sicheren Begründung der Sätze ist, so habe ich denselben in der hier nachstehenden Weise verfolgt.

II. Experimenteller Nachweis des Satzes von Thomson.

Der eben gegebene Beweis des Satzes von Thomson hat natürlich nur in sofern Kraft, als man die Sätze zugiebt, auf die er sich gründet. Wenn ich daher die Sache umzukehren beabsichtige, wenn ich aus dem Satze Thomson's die von mir behaupteten beiden Sätze über die Dimensionen des Magnetkernes herleiten will, so bedarf natürlich jener Satz zunächst einer anderen Begründung. Wie schon vorn bemerkt, ziehe ich in Zweifel, dass hierzu ein anderer Weg als das Experiment offen steht. Dieser experimentelle Beweis wird um so mehr für jeden Physiker von Interesse seyn, als, so viel ich weiß, keine Experimente in dieser Richtung veröffentlicht sind.

A. Die Messmethoden.

Bevor ich zur Mittheilung der durch die Messungen erhaltenen Resultate schreite, muss ich noch der Methoden erwähnen, deren ich mich bei der Messung bediente. Ich habe sowohl bei der Prüfung des Thomson'schen Satzes, als auch bei allen hier folgenden Untersuchungen, deren zwei in Anwendung gebracht. Dieselben unterscheiden sich dadurch, dass in dem einen Falle eine mit Zeiger versehene kurze Magnetnadel direct, in dem anderen Falle die Ablenkung eines magnetisierten Stahlspiegels durch das Fernrohr beobachtet wurde.

Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, dass bei sorgfäl-

tigem Verfahren beide Wege zu demselben Ziele führten, allein die erhaltenen Resultate erlangten dadurch, wie wir später noch besser erkennen werden, grössere Zuverlässigkeit, weil in den beiden verschiedenen Fällen die Entfernungen sehr verschieden seyn mussten, aus denen die Magnete auf das Mefsinstrument wirkten. Durch die beiden Methoden wird zunächst klar, dafs durch die verschiedenen Entfernungen die hier folgenden Gesetze nicht beeinträchtigt werden, wenn diese Entfernungen nur so bedeutend bleiben, dass die Grösse der Nadel gegen die Entfernung von den Magneten als verschwindend betrachtet werden kann.

1. Messung mit der einfachen Nadel.

Die Messungen, mittelst deren ich die früher von mir aufgestellten Sätze gefunden hatte, waren mit einer 1" langen Magnetnadel unternommen, die in einem Glasgehäuse eingeschlossen und an einem 12" langen Coconfaden aufgehängt war. Die Nadel war auf einem 8" langen Kupferzeiger befestigt, dessen Spitze sich über einem getheilten Kreise bewegte.

Um nun zunächst zu sehen, ob nicht etwa die Länge der angewandten einzölligen Nadel für die vorliegenden Messungen zu groß sey, vertauschte ich nach einigen Messungen diese Nadel zunächst mit einer $\frac{1}{2}$ " langen. Die Ablenkungswinkel wurden dadurch nicht geringer, weil ja der Erdmagnetismus in demselben Verhältniss wie der ablenkende Magnet wirkungsloser wurde; allein die Beobachtung ward durch die Anwendung dieser Nadel, deren Zeiger zufällig grösseres Gewicht hatte, als der der früher verwandten, bedeutend erschwert. Durch den im Verhältniss zur Nadel schweren Zeiger geräth dieselbe bei jedem Versuche in weit ausgreifende langsame Schwingungen, und man ist daher gezwungen, lange zu warten, ehe man die Ablesung vornehmen kann.

Um diesem Uebelstande abzuhelfen, befestigte ich eine

$\frac{1}{16}$ " lange Magnetnadel auf einem aus einer Glaskugel aus gezogenen, federleichten Glaszeiger, und brachte dies System an die Stelle des früheren. Nun zeigte sich die ganz entgegengesetzte Erscheinung, die aber keineswegs vortheilhaft war. Eine Nadel dieser Art macht *gar keine Schwingungen*. Wegen des Luftwiderstandes weicht dieselbe ganz langsam ab und bewegt sich, ihren Gang immer mehr verlangsamt, allmählich nach dem der ablenkenden Kraft des Magneten entsprechenden Theilstriche. Auf den ersten Blick erschien dies vortheilhaft, allein ich ward sehr überrascht, als ich mit dieser Nadel anfänglich ganz andere Resultate als mit der früheren erhielt. Sehr bald stellte sich jedoch heraus, dass diese ersten Beobachtungen deshalb fehlerhaft geworden waren, weil die Bewegung der Nadel vor dem Stillstande so langsam wurde, dass ich diese Bewegung, etwa wie bei dem Zeiger einer Uhr, nicht mehr bemerkte und die momentane Stellung für Stillstand angesehen hatte. Ich war bei Anwendung dieses Zeigers gezwungen noch länger auf die Ablesung zu warten, als bei dem weit ausschwingenden, wenn ich nicht fehlerhafte Beobachtungsresultate erhalten wollte. Es ist daher durchaus nicht ratsam, sich eines solchen Zeigers für die Nadel zu bedienen, weil neben den gleich grossen Pausen, innerhalb deren eine Beobachtung vorgenommen werden kann, ein solches System noch den Uebelstand hat, dass ein bloßer Hinblick auf das Instrument nicht lehrt, ob die Bewegung beendigt ist oder nicht, während die pendelnden Schwingungen des Metallzeigers dies doch deutlich anzeigen.

Ich schliesse diese Darstellung mit der Bemerkung, dass ich trotz der Langsamkeit der Beobachtungen alle hier später erwähnten Sätze auch mit der eben besprochenen Nadel untersucht und mit den durch den Spiegel erhaltenen Resultaten in Uebereinstimmung gefunden habe. Um die Mittheilung nicht unnützer Weise zu verlängern, werde ich diese Resultate in dem Folgenden nicht alle wiedergeben, sondern nur einige beispielsweise mit anführen.

2. Beobachtungen mittelst des Fernrohrs.

Aufser der directen Beobachtung an der Magnetnadel, wurden die Messungen auch mit dem von W. Weber in Vorschlag gebrachten und auch von Wiedemann angewandten Stahlspiegel gemacht, welcher Behufs der Dämpfung seiner Beweglichkeit in einer dicken Kupferhülse schwingt. Die Ablenkung des magnetisierten Stahlspiegels wurde durch ein Fernrohr beobachtet, unter welchem eine Scala angebracht war, die sich in dem Stahlspiegel abspiegelte und so die Grösse des Ausschlages erkennen ließ. Die Scala ist in Millimeter getheilt, und man liest sehr bequem $\frac{1}{2}$ mm ab, während man noch $\frac{1}{4}$ mm schätzen kann. Kleinere Werthe waren nicht gut zu bestimmen, und wenn in den folgenden Versuchsresultaten andere Bruchtheile vorkommen, so sind dieselben nicht durch directes Ablesen, sondern durch die Berechnung des Mittels aus mehreren Beobachtungen hervorgegangen. Bei den Ablesungen mittelst Fernrohrs wie bei denen mit der einfachen Nadel sind immer mindestens zwei Beobachtungen gemacht, indem die Wirkung des angewandten Magneten durch beide entgegengesetzte Stromesrichtungen hervorgerufen wurde.

Das angewandte Fernrohr stand 7 Fuſs von dem Stahlspiegel entfernt. Hinter dem Fernrohr in einer Entfernung von 9 Fuſs lagen die Magnete bei den meisten Versuchen.

Der galvanische Strom ging bei den Messungen durch das Fernrohr, wie bei den Versuchen mit der einfachen Nadel, von der Säule durch die Windungen der Magnetspiralen nach einem Vettius'schen Stromwender¹⁾). Von da führte die durch besponnenen Kupferdraht hergestellte Leitung nach der Tangentenbussole, welche 20 Fuſs von den Magneten und 25 Fuſs von dem Stahlspiegel entfernt stand, durchlief dann den in der Nähe der Tangentenbussole aufgestellten Rheostaten und ging von dort zur Säule zurück.

1) Dub, Elektromagnetismus S. 475.

3. Wirkung eines Magneten auf verschiedene Entfernung.

Ich habe bereits bemerkt, dass bei der Messung mittelst des Stahlspiegels die Entfernung der Magnete von dem Spiegel 9 Fuß betrug. Hätte ich bei den Entfernungen, welche als das Minimum für kleine Magnete sich herausstellten, die Entfernung vom Spiegel im Verhältnis der Dimensionen der Magnete wollen wachsen lassen, so würden die mir zu Gebot stehenden Räume, in denen ich die Messungen anstellte, nicht ausgereicht haben, besonders würde dies dann nicht der Fall gewesen seyn, wenn das in der Ostwestrichtung dem Spiegel gegenüber stehende Fernrohr noch hindernd in den Weg tritt. Nachdem ich daher an der Bussolle Messungen unter Zunahme der Entfernung der Magnete mit ihren Dimensionen angestellt und das Thomson'sche Gesetz bestätigt gefunden hatte, prüfe ich zunächst ob sich unter den hier gegebenen Bedingungen der Satz bestätigt fände, *dass die Wirkung der Magnete auf die Nadel der dritten Potenz der Entfernung umgekehrt proportional sey.* Die mit mehreren Magneten angestellten Versuche bestätigten dies Gesetz vollkommen. Ich will daher hier nur einen Versuch mittheilen, den ich mit einem 4" langen, $\frac{1}{2}$ " dicken Magneten angestellt habe. Dieser Magnet wurde bei einer Stromstärke, welche die Nadel meiner Tangentenbussolle auf 6° ablenkte, in der Richtung senkrecht auf den magnetischen Meridian so gelegt, dass *seine Mitte* nach einander $6'', 12'', 18'', 24''$ und $30''$ von der Mitte der Nadel entfernt war. Unter dieser Bedingung erhielt ich folgende Reihe, in welcher ϵ die Entfernung und α die Nadelablenkung bedeutet:

ϵ	α	$\operatorname{tg} \alpha$	ϵ^3	$\epsilon^3 \operatorname{tg} \alpha$	L
$6''$	41°	0,8693	1	869	
$12''$	$6^\circ 10'$	0,108	8	868	
$18''$	$1^\circ 50'$	0,032	27	864	
$24''$	$45'$	0,01309	64	838	
$30''$	$24'$	0,00698	125	873	

Berücksichtigt man, dass bei den beiden letzten Versuchen die Beobachtungsresultate wegen der Kleinheit der Winkel nicht genauer erhalten werden konnten, so wird die Reihe durchaus als Bestätigung des Gesetzes dienen können.

Aufser diesen Versuchen stellte ich nun sogleich die später anzuführenden Versuche mit Magnetformen nach Thomson's Vorschrift an. Dieselben wurden zunächst in die den Dimensionen entsprechenden Entfernung gebracht und nachher so gelegt, dass ihre Mitten in gleichem Abstande von der messenden Nadel blieben. In letzterem Falle ergaben sich der Sache gemäfs die dritten Potenzen der entsprechenden Dimensionen, so dass darnach außer Zweifel war:

»Die Kraft, mit der eine Magnetnadel durch einen Elektromagneten abgelenkt wird, ist der dritten Potenz der Entfernung der Mitte dieses Magneten von der Mitte der Nadel umgekehrt proportional.«

B. Specieller Fall des Thomson'schen Satzes.

Die ersten Messungen, welche ich mit ähnlichen Magnetkernen unternahm, wurden so angestellt, dass die Kerne in der Richtung senkrecht auf den magnetischen Meridian der abzulenkenden Magnetnadel in den entsprechenden Entfernung gegenüber gelegt wurden. Die Kerne waren dabei ihrer ganzen Länge nach mit der galvanischen Spirale bedeckt, deren Windungszahl sich im Verhältnis der Dimensionen vergrösserte. Die Spiralen umschlossen eng die Kerne.

Bei dem ersten Versuche verwandte ich 6 Magnetkerne, deren Länge zwischen 2" und 16" und deren Durchmesser zwischen $\frac{1}{4}$ " und 2" variierte. Mittelst dieser Magnete ergaben sich bei den angegebenen Entfernung folgende Ablenkungen, welche das Mittel aus zwei Beobachtungen sind, die ich anstellte, indem ich den Strom in beiden entgegengesetzten Richtungen durch die Spiralen leitete. Die Wirkung der Spiralen allein ist von den hier gegebenen Mit-

teln abgezogen. l bedeutet die Länge und d den Durchmesser der Magnetkerne, während α und ϵ die Bedeutung wie in der Reihe No. I haben. Der angewandte galvanische Strom lenkte die Nadel meiner Tangentenbussole auf 20° ab.

II.

l	d	α
6"	2"	$\frac{1}{4}''$
12"	4"	$\frac{1}{2}''$
18"	6"	$\frac{3}{4}''$
24"	8"	1"
36"	12"	$1\frac{1}{2}''$
48"	16"	$1\frac{1}{4}''$

Aufer dieser Reihe wurden noch mehrere mit denselben Magneten, aber bei gröferen oder geringeren Entfernungen von der Magnetnadel und bei verschiedenen Stromintensitäten ausgeführt. Ich halte es für überflüssig dieselben hier wieder zu geben, weil sie alle denselben Satz durch die Constanz der erhaltenen Werthe feststellten. Alle Reihen zeigten:

»Aehnliche Eisenstangen mit ähnlichen Spiralen umgeben üben auf ähnlich gelegene magnetische Punkte auferhalb der Eisenstangen gleiche Kraft aus.«

Nachdem durch diese Versuche die Constanz der Werthe unter den gegebenen Bedingungen festgestellt war, musste nach dem Satze, dass der Magnetismus den dritten Potenzen der Entfernung proportional abnehme, der Magnetismus ähnlicher Elektromagnete den dritten Potenzen der Dimensionen proportional zunehmen, wenn diese Maguete so gelegt wurden, dass ihre Mitte stets in derselben Entfernung von der Magnetnadel blieb.

Wenn sich nun die Mitte der hier verwandten Elektromagnete in einer Entfernung von 2 Fufs von der Mitte der Magnetnadel befand, erhielt ich folgende Reihe, in welcher d den Durchmesser, l die Länge, n das Verhältnis dieser Werthe und α den Ablenkungswinkel der Magnetnadel bedeutet. Die Stromstärke, welche bei allen Versu-

chen dieselbe blieb, betrug 13° . Bei den berechneten Quotienten ist hier wie bei allen folgenden Reihen das Comma weggelassen.

III.

d	l	n	α	$\operatorname{tg} \alpha$	n^3	$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{n^3}$
$\frac{1}{2}''$	$4''$	2	$2^\circ 20'$	0,04075	8	509
$\frac{3}{4}''$	$6''$	3	$7^\circ 50'$	0,1379	27	509
$1''$	$8''$	4	18°	0,325	64	508
$1\frac{1}{2}''$	$12''$	6	$47^\circ 40'$	1,0977	216	508
$2''$	$16''$	8	69°	2,605	512	509

Diese Versuchsreihe zeigt einerseits eine Bestätigung des Thomson'schen Satzes, während sie andererseits, da dieser Satz durch die vorige Reihe bereits festgestellt ist, eine Bestätigung dafür liefert, dass der Magnetismus unter den gegebenen Verhältnissen der dritten Potenz der Entfernung proportional abnimmt.

Nach diesen Resultaten war es mir von dem höchsten Interesse zu erfahren, ob die Spiegelbussole bei der Fernrohrablesung, in welchem Falle die Magnete weiter von dem Messinstrument entfernt seyn müssten, zu demselben Resultat führen würde. Die Reihe der verwandten Magnete wurde für diesen Fall noch um einen vermehrt, welcher $24''$ Länge und $3''$ Durchmesser hatte. Die Magnete lagen 9 Fuss von dem Spiegel entfernt und waren von einem Strom umflossen, der die Nadel meiner Tangentenbussole auf 13° ablenkte.

IV.

d	l	n	$\operatorname{tg} \alpha$	n^3	$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{n^3}$
$\frac{1}{2}''$	$4''$	2	1,37	8	171
$\frac{3}{4}''$	$6''$	3	4,5	27	167
$1''$	$8''$	4	10,5	64	164
$1\frac{1}{2}''$	$12''$	6	35	216	162
$2''$	$16''$	8	84,5	512	165
$3''$	$24''$	12	290	1728	167

Bedenkt man, dass die hier erhaltenen geringen Abweichungen durch so manche Fehlerquellen hervorgerufen seyn können, bedenkt man z. B. dass der erste Werth dadurch erhalten wurde, dass die Ablenkungen nach beiden Seiten hin 1,5 und 1,25 betragen hatten, so wird man erkennen, dass die Constantz der Quotienten nicht leicht grösser seyn kann. Möglicher Weise könnte doch auch die hier mit 1,5 verzeichnete Beobachtung 1,4 gewesen seyn, was man nicht zu unterscheiden im Stande ist. In diesem Falle wäre dann das Mittel 1,32 gewesen und dies hätte einen Quotienten 165 gegeben, einen Werth, der dem bei dem 2" dicken Magneten genau gleich ist.

Es bestätigen also auch diese Versuche den Satz von Thomson aufs Genauste.

C. Verallgemeinerung des Satzes von Thomson.

In drei Beziehungen sind die bisherigen Versuche zur Prüfung des Thomson'schen Satzes nur für einen speciellen Fall entscheidend, wenn der Satz überhaupt in der Allgemeinheit Geltung haben soll, wie ihn Joule ausspricht.

1. Der Satz muss auch richtig seyn, d. h. es muss sich auch das Verhältniss der dritten Potenzen ergeben, wenn die Kerne nicht in der Ost-Westrichtung dem Spiegel gegenüber gelegt werden.

2. Da "ähnliche Stangen auch dann auf ähnliche Weise mit Draht bewickelt" seyn können, wenn die Spiralen den Kern nicht seiner ganzen Länge nach, oder nicht gleichmässig bedecken, so muss nach Joule's Darstellung auch dann der fragliche Satz gelten.

3. Ebenso schliesst der genannte Ausdruck auch nicht die Bedingung ein, dass die Spiralen die Kerne eng umschliessen.

Es unterliegt schon von vorn herein keinem Zweifel, dass das Gesetz sich auch unter der Bedingung ergeben werde, wenn die Kerne sich nicht in der Ost-Westrichtung befinden. Viel wichtiger, weil viel weniger *a priori* bestimmbar, ist aber die Frage, ob das Gesetz auch noch Geltung

habe, wenn die Spiralen den Kern weder ganz bedecken, noch ihn eng umschliesen, aber den Verhältnissen desselben ähnlich geformt sind.

Die meisten Versuche, welche ich bisher mit Elektromagneten angestellt habe, sind unter der Bedingung ausgeführt, dass die Kerne ihrer ganzen Länge nach mit der Spirale bedeckt sind, und mehrere erfordern auch selbstverständlich eine gleichmässige Vertheilung der Spiralwindungen auf der *ganzen* Kernlänge; allein ich habe schon an andern Orten Fälle aufgeführt¹⁾, in denen durch eine nicht gleichmässige Vertheilung der Spiralwindungen über den ganzen Magnetkern die Gesetze nicht geändert werden.

In meiner neuesten Untersuchung über den Kerndurchmesser²⁾ habe ich gezeigt, dass auch in dem Falle der Magnetismus der Quadratwurzel des Kerndurchmessers proportional ist, wenn die Spiralwindungen den Kern nur theilweise bedecken.

Schon diese Beobachtungen sprechen dafür, dass auch in Bezug auf ähnliche Magnetkerne das von Thomson ausgesprochene Gesetz gelten werde, wenn die Bewicklungen einander ähnlich sind, ohne den ganzen Kern zu bedecken; dass also das Thomson'sche Gesetz wirklich die Allgemeinheit hat, in der es ausgesprochen ist.

Um dies zu prüfen, habe ich zwei Versuchsreihen ausgeführt, bei denen die Magnetkerne nicht in der Ost-Westrichtung lagen und nur theilweise von der galvanischen Spirale bedeckt wurden. In dem einen Falle umgab die Hälfte der Anzahl der Spiralwindungen, welche für die vollständige Bewicklung des Magnetkernes nöthig ist, die dem Stahlspiegel zugekehrte Hälfte der Magnetkerne. Bei der andern Versuchsreihe war die halbe Spirale so auf die Kerne gesteckt, dass sie mehr auf der andern Kernhälfte sich befand. Der Kern stand auf der dem Spiegel zugekehrten Seite $\frac{2}{3}$ seiner Länge aus der Spirale hervor. Die

1) Dub, Elektromagnetismus S. 161 u. f.

2) Pogg. Ann. Bd. 115, S. 215.

Richtung in welcher die Kerne lagen, bildete mit der Ost-Westrichtung einen Winkel von 20° .

In dem erstgenannten Falle, wo also die dem Spiegel zugekehrte Hälfte des Magnetkernes mit Spiralwindungen umgeben war, ergab sich folgendes Resultat:

V.

d	l	n	n^3	$\lg \alpha$	$\frac{\lg \alpha}{n^3}$
$\frac{1}{2}''$	$4''$	1	1	1,35	135
1"	8"	2	8	10,25	128
$1\frac{1}{2}''$	$12''$	3	27	35	130
2"	16"	4	64	85	133
3"	24"	6	216	285	132

In dem zweiten bereits genannten Falle, in welchem die Kerne nach der dem Spiegel zugekehrten Seite $\frac{3}{4}$ ihrer Länge aus der halben Spirale hervorragten, ergab sich folgendes Resultat:

VI.

d	l	n	n^3	$\lg \alpha$	$\frac{\lg \alpha}{n^3}$
$\frac{1}{2}''$	$4''$	1	1	1,5	150
1"	8"	2	8	12	150
$1\frac{1}{2}''$	$12''$	3	27	40,5	150
2"	16"	4	64	97,25	152
3"	24"	6	216	328	152

Beide hier aufgeföhrten Reihen, bei denen der angewandte Strom die Nadel meiner Tangentenbussole stets auf $8\frac{1}{2}^\circ$ ablenkte, setzen es außer Zweifel, daß der Satz von Thomson auch dann Geltung hat, wenn die Spiralen den Kern nicht seiner ganzen Länge nach bedecken und dabei ungleichmäßig auf ihm vertheilt sind.

Die Ungleichmäßigkeit der Vertheilung der Spiralwindungen könnte nun außer in der hier angewandten Weise noch darin bestehen, daß die Windungen an einzelnen Stellen mehr über einander gehäuft wären, als an anderen Stellen des Kernes. Zur Prüfung dieses Falles sind verschiedene gewickelte Spiralen nöthig, welche mir für die

Thomson'schen Magnetsformen nicht zu Gebot stehen. Allein wie wir später sehen werden, ist eine Untersuchung in diesem Sinne unnütz, da ich in dem Folgenden zeige, dass eine Bewicklung der genannten Art auch unter andren Umständen, als den nach Thomson's Satz stattfindenden, das fragliche Gesetz nicht stört.

Um drittens zu untersuchen, ob sich auch dann noch dasselbe Gesetz herausstelle, wenn die Spiralwindungen die Kerne nicht eng umschliessen, aber dem Durchmesser, so wie der Länge derselben proportional zunehmen, stellte ich nur einige Versuche an, welche auch unter dieser Bedingung den Erwartungen entsprachen:

d	l	D	W	n	n^3	$\operatorname{tg} \alpha$	$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{n^3}$
$\frac{3}{4}$	6	1	84	3	27	2,25	833
1	8	$1\frac{1}{2}$	112	4	64	5,25	820
$1\frac{1}{2}$	12	2	168	6	216	18	833
2	16	3	224	8	512	42,5	830

In dieser Reihe bedeuten D die innere Weite der Spiralen, und W die Anzahl ihrer Windungen.

So sehen wir also, dass der Satz Thomson's ganz in der allgemeinen Fassung Geltung hat, wie ihn Joule ausgesprochen hat.

III. Schlüsse aus dem Satze von Thomson.

Wir haben gesehen, dass der Satz Thomson's sich aus den bekannten Sätzen über den freien Magnetismus der Elektromagnete herleiten lässt. Wenngleich nicht in Abrede zu stellen ist, dass durch diesen Zusammenhang mit dem Satze von Thomson, den wir doch nach dem Vorangehenden als unumstößlich anerkennen müssen, jene Sätze ebenfalls grössere Wahrscheinlichkeit erhalten; so ist doch andererseits klar, dass Thomson's Satz auch ohne jene Sätze Geltung haben könnte. Wie dies unter verschiedenen Bedingungen möglich ist, liegt auf der Hand.

Die von mir behaupteten Sätze werden aber unumstößlich gewifs, wenn aus ihrer Anwendung auf jenen Satz andere Erscheinungen abgeleitet werden können, welche die Erfahrung bestätigt. Diese in der genannten Weise ableitbaren Sätze sind nun aber folgende.

1. Wenn es richtig ist, dass der Magnetismus den Quadratwurzeln der Kerndurchmesser proportional ist, so folgt aus Thomson's Satz, dass Elektromagnete von gleichem Durchmesser im Verhältnis von $1 : \frac{n^2}{\sqrt{n}}$ d. h. n^3 an Kraft zunehmen müssen, wenn wir die Länge und Windungszahl n nennen. Magnete dieser Art unterscheiden sich nämlich von den ähnlichen Elektromagneten nur dadurch, dass ihr Durchmesser nicht ebenfalls in dem Verhältnis wie $1:n$ wächst.

Dieses Verhältnis der Wirkung gleich dicker Elektromagnete auf einen außerhalb liegenden magnetischen Punkt, $1 : n^2 \sqrt{n}$, muss aber nach dem Vorhergehenden unter der Bedingung auftreten, dass die Mitte der Magnete in constantem Abstande von dem magnetischen Punkte bleibt.

2. Nach dem Satze von Lenz und Jacobi, dass der freie Magnetismus der Windungszahl der galvanischen Spirale proportional ist, folgt nun aber aus dem eben nachgewiesenen Satze, dass der freie Magnetismus solcher Elektromagnete, deren Windungszahl ihrer galvanischen Spiralen dieselbe bleibt, sich in dem Verhältnisse $1 : n^3$ steigern muss, wenn dieselbe Anzahl der Spiralwindungen auf alle Kerne proportional vertheilt bleibt, und die Mitte der Kerne sich in constantem Abstande von dem magnetischen Punkte befindet.

3. Mit diesem Satze würde dann ferner der von mir aufgestellte¹⁾ und von Hrn. Wiedemann bestätigte Satz²⁾ in Uebereinstimmung seyn, dass Hufeisenmagnete von verschiedener Länge, deren Schenkel in gleichem Abstande von einander bleiben und mit gleicher Windungszahl ihrer

1) Pogg. Ann. Bd. 102, S. 209 u. f.

2) Pogg. Ann. Bd. 117, S. 202.

Spiralen und gleichem Strome magnetisirt werden, auf einen entfernten Punkt wie die Wurzeln ihrer Längen wirken, wenn der Einfluß des Polabstandes den Kernlängen proportional ist.

Wir kommen nach Besprechung der Sätze unter 1 und 2 noch einmal auf diesen Punkt zurück.

A. Eisenstäbe die ihrer ganzen Länge nach mit der galvanischen Spirale bedeckt sind.

Den zuletzt erwähnten Satz hinsichtlich der Wirkung der Länge verschiedener Hufeisen habe ich früher nur unter der Bedingung geprüft, daß die Schenkel ihrer ganzen Länge nach mit der galvanischen Spirale bedeckt waren. Da ich nun neuerdings gefunden habe, daß diesem Satze, wie auch den hier zunächst zu erörternden, eine noch grössere Allgemeinheit zukommt, so wollen wir die Darstellung der Untersuchung in der Weise scheiden, daß zunächst die Versuche mitgetheilt werden, bei denen der Kern seiner ganzen Länge nach mit der galvanischen Spirale bedeckt ist, und dann diejenigen folgen, bei denen die Kerne nur theilweise mit der Spirale umgeben sind.

1. Das Verhältnis $1 : n^2\sqrt[n]{n}$.

a. Bei gleichem Abstande der Mitte der Kerne vom Stahlspiegel.

Um den Satz unter No. 1 zu prüfen, ob Magnetkerne von verschiedener Länge (n), welche bei gleicher Stromstärke mit n Spiralwindungen umgeben sind, auf einen entfernten Punkt bei gleichem Abstande ihrer Mitten von demselben in dem Verhältnis $1 : n^2\sqrt[n]{n}$ wirken, wandte ich Kerne von einem Zoll Durchmesser an, deren Längen zwischen 4" und 48" variirten. Dieselben waren alle ihrer ganzen Länge nach mit Spiralwindungen bedeckt, deren Zahl im Verhältnis der Kernlänge wuchs. Die Stromstärke war in allen Fällen $8\frac{1}{2}$ ". Die Versuche ergaben, während die Mitte der Kerne 9 Fuß von dem Spiegel des Magnetometers entfernt war, folgende Ablenkungen:

VIII.	n	$\lg \alpha$	$n^2 \sqrt{\pi}$	$\frac{\lg \alpha}{n^2 \sqrt{\pi}}$
4"	2	1,1	5,656	194
6"	3	3	15,6	192
9"	4,5	8,25	42,9	192
12"	6	16,5	86	192
18"	9	45	243	185
24"	12	96	499	192
36"	18	267	1375	194
48"	24	545	2822	193

Die Ueberschriften der einzelnen Columnen haben dieselbe Bedeutung wie früher. Die letzte Column zeigt ganz unzweifelhaft, dass der Magnetismus in dem angeführten Verhältnisse wächst.

Es ist besonders für Experimentatoren nicht unwichtig zu bemerken, dass ich diese Reihe nicht gleich beim ersten Versuche erhielt. Ich habe dieselben Versuche, bevor ich an einer Spiegelbussole beobachtete, öfter mit der gewöhnlichen Nadel angestellt und erhielt dabei immer ein dem eben aufgeführten ähnliches Resultat bis zu dem 18" langen Magnetkerne. Von da ab nahmen die beobachteten Werthe in einer Weise zu, dass die hier aufgeführten Constanten sich verringerten. Hätte diese Verringerung vom kürzesten Kerne an stattgefunden, so würde ich haben schliessen müssen, dass das von mir erschlossene Gesetz nicht in der Natur begründet ist. Da aber eine ganze Anzahl von Kernen dem Gesetze folgte, so musste ein unwesentlicher Umstand die Ursache der Abweichung seyn. Als ich später mit dem Spiegel experimentirte und sich ganz dieselbe Abweichung ergab, beobachtete ich unter Anderem auch, dass, während alle Kerne bis zu dem 18" langen bei der Entfernung von 9 Fuss vom Meßapparate, einen remanenten Magnetismus zeigten, der fast garnicht beobachtet werden konnte, der 24" lange nach Unterbrechung des Stromes den Spiegel noch auf 23 abgelenkt erhielt. Der 24" lange Kern hatte also sehr viel remanenten Magnetismus.

Dies lässt auf geringere Weichheit schliessen. Da nun aber ein weniger weicher Stab auch weniger Magnetismus annimmt, so musste dieser Stab nothwendig einen Werth geben, welcher nicht mit den übrigen in Uebereinstimmung seyn konnte. Nun war ich bis zu der Zeit, in welcher ich diese Beobachtung machte, nur im Besitz von 2 Fuß langen Magnetkernen. Den 3 und 4 Fuß langen hatte ich hergestellt durch Zusammenschrauben des eben besprochenen 2fußigen Kernes mit einem von einem Fuß und einem anderen von 2 Fuß Länge. Wenngleich nun dieses Verfahren im Allgemeinen die Resultate durchaus nicht beeinträchtigt, wie ich schon früher gezeigt habe, so bewirkte es doch in diesem Falle, dass der träge Magnet immer wieder mit ins Spiel kam, und daher sämtliche Resultate mit den Kernen über 18" Länge zu klein ausfielen.

Ich beschloss daher, um allen Uebelständen aus dem Wege zu gehen, nicht allein den 2 Fuß langen Stab noch einmal ausglühen, sondern auch zwei neue von 3 und 4 Fuß Länge und derselben Eisensorte anfertigen zu lassen. Hätte ich auch den 2 Fuß langen Stab durch einen anderen ersetzt, und mit diesem befriedigende Resultate erhalten, so wäre immer noch möglich gewesen, dass diese dem Gesetz günstigen Resultate dadurch erhalten worden wären, dass die neuen Stäbe aus noch weicherem Eisen bestanden hätten. Nachdem die genannte Änderung ausgeführt, d. h. der 2 Fuß lange Stab neu ausgeglüht war, erhielt ich die unter No. VIII angeführte Versuchsreihe, welche denn auch beweist, dass die früheren Abweichungen durch den nicht genügend weichen Stab hervorgebracht worden waren.

So bietet also die Prüfung des remanenten Magnetismus gleich nach der Magnetisirung eines Stabes ein treffliches Mittel, um zu entscheiden, ob ein Stab hinsichtlich seiner Weichheit brauchbar ist, oder nicht. Zeigt der remanente Magnetismus grössere Härte an, so ist wiederholtes Ausglühen das unfehlbare Mittel, den Stab mit anderen vergleichbar zu machen, vorausgesetzt, dass der Stab von derselben Eisensorte ist, wie die anderen.

Aus der Reihe VIII folgt nun mit grösster Sicherheit das Gesetz:

Die Kraft, welche Magnete von gleichem Durchmesser, mit einer ihrer Länge proportionalen Anzahl von Spiralwindungen bewickelt, auf eine in constantem Abstande von ihrem mittleren Querschnitte befindliche Magnetnadel ausüben, ist bei n facher Länge dieser Magnete $n^2\sqrt{n}$.

b. Bei verhältnismässig wechselnden Entfernungen.

Da ähnliche Magnete auf einen ähnlich liegenden Punkt gleiche Kraft ausüben, so folgt aus dem soeben ausgesprochenen Satze, dass Magnete von gleicher Dicke auf Entfernungen, welche der Länge proportional sind, eine Kraft ausüben müssen, welche sich umgekehrt wie die Quadratwurzel dieser Entfernungen verhält. Ich habe bereits vorn bemerkt, dass der eben bewiesene Satz zugleich indirect den Beweis liefert, dass der Einfluss des Durchmessers der Magnetkerne den Quadratwurzeln dieser Durchmesser proportional ist.

Der Beweis für diesen Satz, auf den es mir hier aus bekannten Gründen ganz besonders ankommt, wird nun in noch viel einleuchtenderer Weise geliefert, wenn sich zeigt, dass Magnetkerne von gleicher Dicke an Kraft in dem Verhältnis der Wurzeln ihrer Längen abnehmen, wenn sie mit Spiralen angeben sind, deren Windungszahl der Länge proportional wächst, und wenn man sie den Längen proportional von dem Stahlspiegel entfernt. In diesem Falle hat man ähnliche Magnete, denen aber die nöthige Dicke fehlt. Da nun ähnliche Magnete auf ähnliche Entfernungen *Gleiches* wirken, so muss die Kraft gleich dicker Stäbe bei der Länge proportionalen Entfernungen den Wurzeln ihrer Längen und Entfernungen proportional abnehmen, wenn die Dicke den Wurzeln dieser Verhältnisse proportional wirkt.

Um nun zu zeigen, dass dies in der That der Fall ist, habe ich folgende Versuchsreihe ausgeführt.

Die vorher angewandten Magnetkerne von 6" bis 48" Länge wurden dem Stahlspiegel in Entfernungen gegenüber

gelegt, welche zwischen 18" und 144" variirten. Da die Localität, in der ich experimentirte, nicht erlaubte, die Magnete in die Ostwestrichtung zu legen, weil in derselben das Fernrohr stand, ich aber bereits gezeigt habe, daß das Verhältnis dasselbe bleibt, wenn auch eine andere Richtung genommen wird; so legte ich dieselben in eine Linie seitwärts, welche mit der Ostwestrichtung etwa einen Winkel von 20° bildete. Auf diese Weise erhielt ich die Versuchsreihe No. IX.

In dieser Reihe bedeutet e die Entfernung der Mitte der Magnete von dem Stahlspiegel, l ihre Länge und n das Verhältnis dieser Längen, aus denen die Wurzel berechnet ist. Der angewandte Strom lenkte in allen Fällen die Nadel meiner Tangentenbussole auf 5° ab. Auch in diesem Falle wurde das Mittel aus beiden Ablenkungen des Spiegels nach rechts und links durch Umkehrung des Stromes genommen, und dies ist, wie in allen anderen Fällen, nach Abzug der Ablenkung durch die Spirale in der Column unter $\operatorname{tg} \alpha$ verzeichnet.

IX.

e	l	n	\sqrt{n}	$\operatorname{tg} \alpha$	$\operatorname{tg} \alpha \cdot \sqrt{n}$
18"	6"	1	1	400	400
36"	12"	2	1,414	282	399
54"	18"	3	1,732	232	402
72"	24"	4	2	201	402
108"	36"	6	2,45	166	406
144"	48"	8	2,828	141	399

Die Multiplication der bei der Beobachtung erhaltenen Werthe mit \sqrt{n} , d. h. der Wurzel der Länge, welche, wenn die Kerne ähnliche Formen hätten, auch die Wurzel der Durchmesser wäre, zeigt, wie wir sehen, so nahezu constante Werthe, daß durch sie ganz sicher der Satz festgestellt wird:

"Bei gleichbleibendem Strome und gleicher Dicke der Magnetkerne nimmt die Wirkung verschieden langer und mit einer der Länge proportionalen Anzahl galvanischer Spiralfwindungen bewickelter Magnetkerne auf einen der Länge

proportional entfernten Punkt den Quadratwurzeln dieser Länge proportional ab.

Aus diesem und dem Thomson'schen Satze folgt ganz direct, daß der magnetisirende Einfluß des Kerndurchmessers der Quadratwurzel desselben proportional seyn muß.

2. Das Verhältnis $1 : n\sqrt{n}$.

Steht der Satz hinsichtlich der verschiedenen langen Stäbe, welche eine ihrer Länge proportionale Windungszahl besitzen, fest, so muß selbstverständlich die bloße Stablänge bei gleicher Windungszahl der Spirale, wenn diese proportional auf den Kernen vertheilt ist, in dem Verhältnis $n\sqrt{n}$ wirken, wenn n die Länge bedeutet; denn die Wirkung der n fachen Windungszahl ist n proportional.

Um diesen Satz zu prüfen, habe ich zunächst die vorher angewandten Kerne ihrer ganzen Länge nach mit proportionaler Windungszahl umgeben und habe dann den Strom in demselben Verhältnis geschwächt, in welchem die Anzahl der Windungen zunahm, so daß die Kerne von derselben magnetisirenden Kraft auf ihrer ganzen Länge afficirt wurden.

Bei dem kürzesten der angewandten Magnetkerne (4" lang) war die Stromstärke $= \text{tg } 42^\circ = 0,9004$. Hiernach sind die Stromstärken berechnet, welche bei den einzelnen Magneten angewandt wurden. Dieselben sind in der folgenden Tabelle unter s verzeichnet. Die übrigen Columnen haben die frühere Bedeutung. Ich erhielt folgende Reihe:

l	n	s	$\text{tg } n$	$n\sqrt{n}$	$\frac{\text{tg } s}{n\sqrt{n}}$
4"	2	42°	6,25	1,828	221
6"	3	31°	11,5	5,196	223
12"	6	$16^\circ,75$	32,5	14,7	221
18"	9	$10^\circ,25$	60,25	27	223
24"	12	$8^\circ,5$	93	41,568	223
36"	18	$5^\circ,5$	176	76,374	230
48"	24	$4^\circ,10$	260	117	222

Durch diese Reihe wird die Richtigkeit des durch die vorn gemachten Schlüsse erhaltenen Resultats außer Zweifel gesetzt, wenn wir annehmen, dass die Art, wie diese Versuche angestellt sind, durchaus zweckentsprechend ist. Der Satz soll richtig seyn, wenn bei *gleichem Strome* dieselbe Windungszahl über die ganze Länge aller Kerne verteilt ist. Dies ist nun aber bei den vorliegenden Versuchen nicht der Fall gewesen, sondern es war nur das Product aus Stromstärke und Windungszahl der Spirale constant.

Ich bin um so mehr genöthigt den fraglichen Satz noch in anderer Weise zu begründen, weil die in einer entsprechenden Beziehung früher von mir angestellten Versuche von Hrn. Wiedemann angefochten worden sind. Wie schon vorn erwähnt, habe ich früher Versuche mit Hufeisenmagneten angestellt ¹⁾), bei denen ich fand, dass die grösere Eisenmasse bei verschiedenen langen Stäben den Quadratwurzeln der Stablängen proportional wirkt, d. h. dass der freie Magnetismus \sqrt{l} proportional ist, wenn die Entfernung der Schenkel dieselbe bleibt. Diesen Satz habe ich ebenfalls in der Weise gefunden, dass ich dieselbe magnetisirende Kraft auf die verschiedenen langen Kerne wirken ließ, und aus diesem Grunde sagt Hr. Wiedemann in Bezug auf diesen Satz ²⁾): »Die Quotienten $z = \frac{169}{\sqrt{l}}$ sind bei diesen Versuchen fast völlig constant. Wir haben aber im vorigen Aufsatz gezeigt, wie bei gewissen Verhältnissen sogar eine Zunahme der Quotienten z bei wachsender Länge der Hufeisen beobachtet werden kann, die wohl durch eine stärkere Wechselwirkung der Pole bei den längeren Hufeisen bedingt ist. Die von Dub gefundene Constant der Quotienten Z möchte daher nicht als eine allgemein gültige, sondern nur in den speciellen Bedingungen seiner Versuche begründete zu betrachten seyn, um so mehr, als sich ergeben hat, dass die Verhältnisse der Momente der Stäbe

1) Pogg. Ann. Bd. 102, S. 208.

2) Ib. Bd. 117, S. 233.

und der Intensität der sie erzeugenden Ströme sich mit dem Anwachsen der letzteren bedeutend, und zwar bei verschiedenen langen Stäben in ungleichem Grade ändern.“

Hr. Wiedemann will also die früher von mir angestellten Versuche deshalb nicht als Beweis für den Satz gelten lassen, dass bei gleichem Abstande der Pole der Magnetismus verschieden langer Stäbe \sqrt{l} proportional ist, weil der Magnetismus nicht den Strömen proportional wächst. Er erklärt dann die von mir erhaltenen Resultate dadurch, dass eine Wechselwirkung der Pole des Hufeisens das ausgleicht, was durch die Schwächung des Stromes an der Constanz der Quotienten gestört wird. Nach Hrn. Wiedemann habe ich also damals constante Quotienten erhalten, weil

- 1) durch die Wechselwirkung der Pole mit der Zunahme der Stablänge der Magnetismus in grösserem Verhältnisse steigt, während,
- 2) der Magnetismus mit der gleichzeitigen Verringerung des Stromes (bei den längeren Stäben) in grösserem Verhältniss abnimmt.

Dass der erste Grund nicht stichhaltig ist, das beweisen die eben hier gegebenen Versuche. Ich habe hier *gerade Stäbe* unter sonst gleichen Bedingungen wie früher die Hufeisen angewandt. Hier kann nicht von einer solchen Wechselwirkung der Pole die Rede seyn, wie sie Hr. Wiedemann meint, und doch zeigt sich wieder ein einfaches Verhältniss zur Länge der Stäbe, $1 : n\sqrt{n}$. Nach Allem, was die bisher gegebenen Versuche lehren, müssen wir den Einfluss der verschiedenen Kernlängen *wegen der grösseren Entfernung der Pole* der Länge proportional setzen, und dann bleibt wieder für den Einfluss der durch die Länge vermehrten Eisenmasse \sqrt{n} oder \sqrt{l} , ganz wie bei den Versuchen mit den Hufeisen.

Wenn dem aber nun so ist, wenn wirklich dies Verhältniss stattfindet, wo bleibt dann da der Einfluss, welcher durch die sich steigernde Stromstärke hervorgerufen wird,

bei welcher der Magnetismus in grösserem Verhältniss als der Strom wächst?

Um dies näher zu untersuchen, war ich genöthigt, den in No. X gegebenen Versuch in anderer Weise auszuführen. Ich habe zu diesem Zwecke zu der einen Sorte von Spiralen, die ich stets anwende, und die so gewickelt sind, dass sich zwei Lagen Draht übereinander befinden, noch zwei andere Arten angefertigt, deren eine 4 Lagen über einander trägt, während die andere nur eine Lage hat.

Diese drei Arten von Spiralen wurden nun so angewandt, dass 6" bis 48" lange Magnetkerne in dieselben eingeführt wurden, so dass bei gleicher Windungszahl immer verschiedene Kernlängen mit Spiralwindungen bedeckt waren. Hatte ich also eine 2" lange Spirale mit 4 Lagen Windungen über einander, zusammen 112 Windungen, und ersetze diese durch dieselbe Windungszahl bei zwei Lagen und bei einer Lage, so erhielt ich dadurch eine doppelt und viermal so lange Spirale, in welche ich dann auch doppelt und viermal so lange Kerne bei gleicher Stromstärke einführe.

Auf diese Weise erhielt ich folgende Versuchsreihen mit Kernen von 1" und von 2" Durchmesser.

XI.

1" dicke Magnetkerne unter Anwendung von drei verschieden gewickelten Spiralen. Stromstärke 18°, 5. Spiralwindungen 112.

Kernlänge	Spiralen	$\operatorname{tg} \alpha$	$n \sqrt[n]{n}$	$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{n \sqrt[n]{n}}$
3"	4 Lagen	1,6	1	160
6"	2 "	4,5	2,828	159
12"	1 "	12,5	8	156
6"	4 "	4,75	1	475
12"	2 "	13,5	2,828	478
24"	1 "	38,5	8	481
9"	4 "	10	1	100
18"	2 "	28,5	2,828	100
36"	1 "	81	8	101

Bei einer doppelten Windungszahl der angewandten Spiralen ergab sich bei derselben Stromstärke:

XII.

Kernlänge	Spiralen	$\operatorname{tg} \alpha$	$n \sqrt[n]{n}$	$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{n \sqrt[n]{n}}$
6"	4 Lagen	9,75	1	975
12"	2 "	27,5	2,828	972
24"	1 "	78	8	975
9"	4 "	19,5	1	195
18"	2 "	56,5	2,828	199
36"	1 "	160,5	8	200
12"	4 "	30	1	300
24"	2 "	89	2,828	314
48"	1 "	251	8	314

Eine dritte Reihe wurde bei grösserer Stromintensität angestellt. Die Nadel meiner Tangentenbussole wurde auf 25° abgelenkt. Dies ist schon ein ziemlich starker Strom, welcher dann zeigt, dass das Verhältnis $n \sqrt[n]{n}$ durchaus innerhalb der Gränzen Geltung hat, innerhalb deren die Sättigung keine merkliche Abweichung bewirkt. Die Windungszahl war hier wie bei der vorigen Reihe 224.

XIII.

Kernlänge	Spiralen	$\operatorname{tg} \alpha$	$n \sqrt[n]{n}$	$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{n \sqrt[n]{n}}$
4"	4 Lagen	6,5	1	650
8"	2 "	18,5	2,828	650
16"	1 "	50	8	625
6"	4 "	14	1	140
12"	2 "	38,5	2,828	136
24"	1 "	112	8	140
12"	4 "	41,5	1	415
24"	2 "	118	2,828	414
48"	1 "	335	8	419

Um ferner zu sehen, ob sich dasselbe Verhältnis auch bei Kernen von anderem Durchmesser herausstelle, wurden

noch einige Versuche mit Kernen von $\frac{1}{2}$ " und von 2" Durchmesser angestellt. Sie ergaben folgende Resultate:

XIV.

$\frac{1}{2}$ " dicke Kerne. Stromstärke 17°. Windungszahl 224.

Kerolänge	Spiralen	$1g_a$	$n\sqrt{n}$	$\frac{1g_a}{n\sqrt{n}}$
4"	4 Lagen	3	1	300
8"	2	8,5	2,828	305
16"	1	24	8	300
Windungszahl 112.				
6"	4	3,25	1	325
12"	2	8,5	2,828	305

XV.

$\frac{1}{2}$ " dicke Kerne. Stromstärke 15°. Windungszahl 170.

4"	4 Lagen	3,75	2,828	132
6"	2	7	5,196	134
12"	1	19,5	14,7	132

Während die Versuche unter No. X nur eine Uebertragung des Satzes sind, um den es sich eigentlich handelt, liefern die Versuche in No. XI bis XV den directen Beweis für den Satz:

„Elektromagnete von verschiedener Länge, auf denen dieselbe Anzahl von Spiralwindungen der Länge proportional vertheilt ist, üben auf gleich weit von der Mitte der Stäbe entfernte äußere Punkte eine Kraft aus, deren Quadrat der dritten Potenz der Länge proportional ist.“

Durch diese Versuche wird es klar, dass weder die Wechselwirkung der Pole, noch die veränderte Stromstärke das eben genannte Verhältnis des Magnetismus zur Stablänge bedingen. Es geht aus diesen Versuchen hervor, dass unter den gegebenen Bedingungen die veränderte Stromstärke keineswegs ein so abweichendes Verhältnis zum Magnetismus habe, dass dies schon merklich hervortritt. Lassen wir aber die Aenderung der Stromstärke ganz außer Acht, so gilt nach den vorigen Versuchen das genannte Verhältnis $1:n\sqrt{n}$ doch sicher bei gleichem Strome und proportiona-

ler Vertheilung der gleichen Windungszahl auf die verschiedenen Kernlängen.

Ich bin ferner mit allen den Versuchen von X bis XV einem von Hrn. Wiedemann ausgesprochenen Wunsche nachgekommen, welcher darin bestand, dass ich den Einfluss der Momente der geraden Stäbe auf die Ablenkung der Magnetnadel näher hätte berechnen sollen. Hr. Wiedemann sagt, ich begnüge mich mit der Angabe, dass bei geraden Stäben die Nadelablenkung nicht wie bei dem Hufeisen im Verhältniss \sqrt{l} , sondern in einem grösseren Verhältniss wachse ¹⁾.

Hr. Wiedemann hat nun diese Rechnung angestellt und auch nichts weiter gefunden, als ich früher. Dass es uns beiden bisher so ergangen, hatte einfach seinen Grund darin, dass wir, Hr. Wiedemann neuerdings, so wie ich früher, die geraden Eisenstäbe stets so dem Messinstrumente in der Ostwestrichtung gegenüber gelegt hatten, *dass das nächste Ende derselben in gleichem Abstande von dem Spiegel oder der Nadel sich befand* ²⁾). Wenn nun bei gleichem Abstande der Mitte der Stäbe ein einfaches Verhältniss stattfindet, so kann man dies natürlich nicht heraus erkennen, wenn das Experiment so complicirt angestellt wird, wie dies bisher geschehen war.

Dass nun Hr. Wiedemann den mir ertheilten Rath, »die Bedingungen bei den Versuchen möglichst einfach herzustellen« ³⁾) hier selbst nicht befolgt hat, findet wohl darin seine Entschuldigung, dass er »den natürlichen Weg« nicht erkannt hat.

Hr. Wiedemann bemüht sich außerdem *a priori* den Beweis zu liefern, *dass es von vorn herein nicht gut möglich erscheine, dass die Momente der Elektromagnete eine einfache Function ihrer Länge seyen* ⁴⁾). Hoffentlich wird er nach den hier gelieferten Resultaten, da doch die Aus-

1) Pogg. Ann. Bd. 117, S. 233.

2) Pogg. Ann. Bd. 117, S. 196.

3) Pogg. Ann. Bd. 117, S. 219.

4) Ib. S. 234.

drücke $n^2\sqrt{n}$ und $n\sqrt{n}$ sicherlich einfache Functionen der Länge genannt werden müssen, seine Behauptung nicht mehr aufrecht erhalten.

3. **Elektromagnete auf deren Kernen die Spiralwindungen nicht gleichmäßig verteilt sind.**

Wenn nach den vorn angeführten Beobachtungen an den ähnlichen Magnetkernen der Thomson'sche Satz sich auch dann noch als gültig zeigte, wenn die Stäbe eine ähnliche Bewicklung hatten, ohne deshalb ihrer ganzen Länge nach mit der Spirale bedeckt zu seyn: so entstand die Frage, ob auch unter den hier besprochenen Bedingungen diese Erweiterung stattfände, ob der Magnetismus auch solcher Stäbe sich als eine einfache Function der Länge ergäbe, welche mit Spiralen bedeckt sind, die zwar der Länge proportional wachsen, aber die Kerne nur theilweise oder ungleichmäßig bedecken.

Um dies zu prüfen, schob ich auf die oben angewandten Stäbe, Spiralen, welche nur ein Drittheil der ganzen Länge jener Stäbe bedeckten, und zwar befanden sich diese Spiralen auf der Mitte der Kerne. Der Strom war für alle verschiedenen Spiralen constant, er lenkte die Nadel meiner Tangentenbussole auf 18° ab. Der Versuch ergab die nachstehenden Resultate:

XVI.

l	n	$n^2\sqrt{n}$	$\operatorname{tg} \alpha$	$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{n^2\sqrt{n}}$
6"	2	5,6	2,5	446
9"	3	15,6	7	448
12"	4	32	14,25	445
18"	6	86	38	442
24"	8	181	80	442
36"	12	499	224	448
48"	16	1024	460	449

Diese Resultate bestätigen die an den ähnlichen Kernen gemachten Beobachtungen, dass nämlich die Wirkung der

Magnete in denselben Verhältniss mit der Länge zusamm, mögen die Kerne ganz oder nur theilweise mit der galvanischen Spirale bedeckt seyn, wenn die Windungen nur stets der Länge proportional vertheilt sind.

Um diesen Satz noch sicherer festzustellen, machte ich den Versuch noch in der Weise, dass jeder Kern mit der halben Anzahl der Spiralwindungen bedeckt war, welche für seine ganze Länge nöthig ist, und dass die Spirale sich dabei auf der dem Stahlspiegel zugekehrten Hälfte des Magnetkernes befand. Diese Spirale wurde von einem 15° starken Strome durchflossen. In diesem Fall ergab sich folgende Reihe:

XVII.

l	n	$n^2 \sqrt{\pi}$	$tg \alpha$	$\frac{tg \alpha}{n^2 \sqrt{\pi}}$
4"	2	5,6	1	178
6"	3	15,6	2,75	176
12"	6	86	15	174
18"	9	243	42,5	174
24"	12	499	86,5	173
36"	18	1375	245	177
48"	24	2822	506	175

Die beiden unter XVI und XVII angeführten Reihen beweisen, dass auch dann das oben genannte Verhältniss des freien Magnetismus zur Länge der Magnetstäbe Geltung habe, wenn die Kerne nicht ganz von der magnetisirenden Spirale bedeckt sind.

Dass dasselbe Gesetz auch dann gilt, wenn die Spirale bei gleichem Strome und gleicher Windungszahl im Verhältniss zur Länge der Eisenkerne über dieselben vertheilt wird, folgt aus mehreren Versuchen, welche unter XI, XII und XIII angeführt sind. In diesen Reihen sind nämlich nur die drei ersten Versuchsresultate in XIII mit solchen Kernen angestellt, welche ganz von der Spirale bedeckt waren, während die übrigen Kerne, wie aus den daselbst gemachten Angaben zu erschen ist, nur theilweise von den

Spiralwindungen umgeben waren. Diese Resultate beweisen also, was allerdings nach dem Vorhergehenden vorauszusehen war, daß auch in dem Falle das Quadrat des Magnetismus der dritten Potenz der Länge der Magnetkerne proportional wächst, wenn dieselbe Windungszahl über die Kerne ihrer Länge proportional vertheilt wird, ohne daß die Spirale die Kerne ganz bedeckt.

Hiermit ist nun die Behauptung des Hrn. Wiedemann zum Theil widerlegt, in welcher er sagt¹⁾: „Die Ueber-einstimmung der Sätze von Dub mit dem Satze von Thomson ist indes noch kein Beweis für die allgemeine Gültigkeit der ersten, denn, abgesehen vom Eintreten der Sättigung, muß Thomson's Satz auch unter anderen Bedingungen der Magnetisirung eines Stabes durch eine Magnetisirungsspirale gelten.“

Diese anderen Bedingungen der Magnetisirung können darin bestehen, daß die Kerne entweder nicht gleichmässig, oder nicht der ganzen Länge nach, oder weder gleichmässig, noch der ganzen Länge nach mit der galvanischen Spirale bedeckt sind. Die Ungleichmässigkeit der Vertheilung der Spiralwindungen kann aber entweder darin bestehen, daß, wie bei den eben mitgetheilten Versuchen, der mittlere Querschnitt der Spirale nicht mit dem der Kerne zusammenfällt, oder, daß die Spiralwindungen ungleichmässig über einander gehäuft sind.

Wenn gleich diese Punkte zu der Zeit, als Hr. Wiedemann die obige Behauptung aufstellte, noch nicht untersucht waren, so gab ihm dies doch keine Berechtigung zu derselben, weil er ebenfalls noch keine Versuche darüber angestellt hatte. Dafs er sich im Irrthume befunden, zeigen die eben mitgetheilten Resultate; es bleibt nur noch die eine Frage zu erörtern, ob das Gesetz auch unter der Bedingung gelte, daß die Spiralwindungen ungleichmässig, aber den verschiedenen Kernlängen proportional über einander gehäuft sind.

Um dies zu prüfen, habe ich folgenden Versuch ange-

1) Wiedemann, Elektron. S. 349.

stellt. Auf 12" bis 48" lange Kerne wurden Spiralen aufgesteckt, so dass in der Mitte sich einfach gewickelte, dagegen an den Enden doppelt gewickelte Spiralen befanden, deren Windungszahl sich stets der Länge proportional vermehrte, dass mithin die einfache wie die doppelte Windungslage sich in gleichem Verhältniss vergrösserte. Durch diese Einrichtung wurde die magnetisirende Kraft ganz ungleichmässig über die Kerne vertheilt, und diese Ungleichmässigkeit steigerte ich noch dadurch, dass ich die Spiralen die Kerne nicht ihrer ganzen Länge nach bedecken ließ, so dass z. B. der kürzeste, der 12" lange Kern, auf jeder Seite $2\frac{1}{3}$ " aus der Spire hervorstand. Mit so bewickelten Kernen erhielt ich folgende Reihe:

XVIII.

		$n^2 V_n$	$\operatorname{tg} \alpha$	$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{n^2 V_n}$
12"	2	5,656	9,25	164
18"	3	15,6	25,75	165
24"	4	32	51	160
36"	6	86	144	167
48"	8	181	295	163

Diese Reihe verbunden mit den vorher besprochenen zeigt, dass die von mir hinsichtlich des Wurzelverhältnisses der Magnetkerndimension behaupteten Sätze in dieser Beziehung dieselbe Allgemeinheit besitzen, wie der Satz Thomson's, während in anderer Hinsicht die von mir aufgestellten Sätze einen viel weiteren Umsfang haben, so dass ich durchaus berechtigt bin, den Satz Thomson's einen speziellen Fall jener Sätze zu nennen.

IV. Der Durchmesser der Magnetkerne.

Nach den bisher besprochenen Thatsachen folgt ganz unzweifelhaft für den Durchmesser der Magnetkerne, dass der magnetisirende Einfluss desselben der Quadratwurzel proportional ist. Dieses Gesetz gilt nach den Versuchen, welche ich vorn mit ähnlichen Magneten angeführt habe,

auf-
egen-
eren
hrte,
sich
tung
über-
gerte
hrer
kür-
Spi-
ich
nun
sas
Be-
om-
stell-
ich
spe-
gau
anz
sas
zel
en,
be,

auch dann, wenn die Spirale den Kern nicht seiner ganzen Länge nach bedeckt. Ich habe dies bereits früher nachgewiesen ').

Da Hr. Wiedemann das von mir vertheidigte Gesetz durch eine Versuchsreihe zu widerlegen sucht, für welche er Magnetkerne bis zu 90^{mm}, also etwa 3 $\frac{1}{2}$ " Durchmesser anwendet, während die von mir angewandten Kerne in dem Falle, welcher dem von Hrn. Wiedemann untersuchten am meisten entspricht, nur bis zu 2" Durchmesser steigen; so habe ich neuerdings die Versuche noch einmal wiederholt und habe zu dem Zwecke ganz neue Kerne anfertigen lassen, welche nach dem Glühen sauber abgedreht und ganz genau nach den gegebenen Maassen angefertigt waren. Diese Arbeit wurde einerseits deshalb unternommen, um sicher zu seyn, dass nicht etwa nur die Anwendung zu dünner Stäbe zu dem früher aufgestellten Satze geführt hätte, und andererseits um auch den Umfang der Versuchsergebnisse in dem Maafse zu erweitern, dass sie denen des Hrn. Wiedemann gegenüber gestellt werden können. Zu diesem Zwecke wurde die Zahl der Magnetkerne noch um einen vermehrt welcher 3" Durchmesser hatte. Mit diesen Magnetkernen von $\frac{1}{2}$ ", 1", $1\frac{1}{2}$ ", 2" und 3" Durchmesser führte ich drei Versuchsreihen bei verschiedenen Stromstärken aus, welche dann mit den früheren, bei noch grösserer Stromesintensität angestellten Versuchen eine ziemlich reichhaltige Auswahl gewähren. Noch muss ich erwähnen, dass die drei folgenden Versuchsreihen nicht zu gleicher Zeit angestellt sind und deshalb nicht direct mit einander verglichen werden können.

XIX. *Magnetkerne von 12" Länge, magnetisiert bei einem Strome von 20%*

d	$lg \alpha$	$W \sqrt{d}$	$\frac{lg \alpha}{W \sqrt{d}}$
$\frac{1}{2}$ "	29	451	643
$\frac{1}{2}$ "	42	660	644
$1\frac{1}{2}$ "	50,25	785	641
2"	60	933	643
3"	79,25	1230	641

XX.

Stromstärke 15^a.

<i>d</i>	$\lg \alpha$	$W\sqrt{d}$	$\frac{\lg \alpha}{W\sqrt{d}}$
$\frac{1}{2}$ "	21	451	476
1 "	31	660	470
$1\frac{1}{2}$ "	37	784	472
2 "	44	933	471
4 "	59	1230	479

XXI.

Stromstärke 8^a.

$\frac{1}{2}$ "	12	451	266
1 "	17,5	660	263
$1\frac{1}{2}$ "	20,5	784	262
2 "	25	933	267
3 "	33	1230	268

Diese Versuchsreihen setzen es ebenso wie die vorangehenden Untersuchungen außer Zweifel, *dass der Magnetismus den Quadratwurzeln der Kerndurchmesser proportional ist*. Während aber hier der Satz direkt gezeigt wird, geben die früheren Versuche diesen Satz in seiner Anwendung, und dienen mithin in anderer Weise, wie diese direkten Versuche zur umfangreicheren Begründung desselben.

So habe ich nun hier eine grössere Anzahl von Versuchen ausgeführt, welche alle die schon früher von mir behaupteten Sätze innerhalb der Gränzen bestätigen, innerhalb deren die Gesetze des Elektromagnetismus überhaupt Geltung haben. Dabei sind alle diese Resultate unter der Bedingung erhalten, dass die zusammengehörigen Werthe bei *gleicher Stromstärke* aufraten, so dass nicht etwa hier das Bedenken Raum finden kann, als sey diese grosse Menge von übereinstimmenden Werthen nur durch zufällige Einflüsse der sich steigernden Stromstärke entstanden.

Dass die von Hrn. Wiedemann kürzlich gegebenen Versuche in Bezug auf die Kerndurchmesser¹⁾ nicht im

1) Pogg. Ann. Bd. 117 S. 238.

Einklange mit den Resultaten dieser Abhandlung stehen, findet vielleicht in Folgendem seine Erklärung.

Hr. Wiedemann hat gezeigt, dass ein 10,3^{mm} dicker Stab von 250^{mm} Länge bei einer Stromstärke, welche Hr. Wiedemann seinem Messinstrument gemäfs mit 106,9 bezeichnet, bereits das Maximum der Quotienten hat ¹⁾, welche durch Division der Stromstärke in die beobachtete magnetische Intensität erhalten werden. Bei noch stärkeren Strömen muss sich also bei einem solchen Stabe schon Sättigung zeigen, da, wie Hr. Wiedemann ausdrücklich sagt, sich zwischen dem Anwachsen und der Abnahme der Quotienten kein Uebergang findet, wo die magnetischen Momente innerhalb etwas weiterer Gränzen der Stromintensität proportional blieben. Dieses Maximum müsste nach Hrn. Wiedemann ein Stab von 31,7^{mm} Durchmesser etwa bei der Stromstärke 173,5 erreicht haben ²⁾.

Wenn nun Hr. Wiedemann später bei der Untersuchung der Stabdurchmesser ³⁾ seine Resultate für dieselben Stäbe bei einer Stromstärke zwischen 400 bis 500 wählt, so muss doch wohl für die 10,5, 20 und 30^{mm} dicken Stäbe bereits die Annäherung an die Sättigung mehr hervorgetreten seyn, als dies bei den außerdem angewandten 60 und 90^{mm} dicken Stäben von derselben Länge der Fall gewesen seyn kann.

Wenn ich nun auch der Meinung bin, dass die Sache mit der Sättigung sich nicht genau so verhält, wie Hr. Wiedemann meint, so scheinen mir doch die von ihm erhaltenen Resultate in dem eben Gesagten ganz unzweifelhaft ihre Erklärung zu finden. Hierzu kommt aber noch, dass diese Resultate bei der *ersten Magnetisirung* dieser Stäbe erhalten worden sind, bei welcher die magnetischen Momente nach Hrn. Wiedemann's eigenen Angaben in etwas anderm Verhältnisse stehen als bei wiederholter Magnetisirung. Diesen letzteren Umstand hat Hr. Wie-

1) Pogg. Ann. Bd. 117 S. 197.

2) Ib. S. 198.

3) Ib. S. 237.

demann bei einer mündlichen Besprechung selbst als die mögliche Ursache der Abweichung unserer Resultate von einander angegeben. Jedenfalls kann unter diesen Umständen der Versuch des Hrn. Wiedemann keine Beweiskraft gegen meine Versuchsergebnisse haben, welche hiernach unter den gewöhnlichen Bedingungen erhalten sind, während Hr. Wiedemann seine Versuche unter Ausnahmeständen angestellt hat.

Nach diesen Untersuchungen ist somit außer Thomson's Satz Folgendes experimentell festgestellt:

1. »Aehnliche Magnetkerne mit Spiralen bewickelt, deren Weite und Windungszahl den linearen Dimensionen proportional wächst, üben auf einen von ihrem mittleren Querschnitte gleich weit entfernten Punkt eine Kraft aus, welche der dritten Potenz der linearen Dimensionen proportional ist.«

2. »Magnetkerne von gleicher Dicke, die von gleichem Strom erregt werden, üben auf einen von ihrer Mitte gleich weit entfernten Punkt eine Kraft aus, deren Quadrat der fünften Potenz der Länge derselben proportional ist, wenn die sie magnetisirende galvanische Spirale eine der Länge proportionale Windungszahl hat, welche auf dieser Länge proportional vertheilt ist.«

3. »Die magnetisirende Kraft gleich dicker Magnetkerne auf einen von ihrer Mitte gleich weit entfernten Punkt ist der $\frac{4}{3}$ Potenz der Länge proportional, wenn die Spirale für alle Magnete aus gleicher Windungszahl besteht, welche der Länge proportional auf den Kernen vertheilt ist.«

4. »Dieselben Elektromagnete üben auf einen der Länge proportional entfernten Punkt eine Kraft aus, welche der Quadratwurzel aus der Entfernung oder der Länge umgekehrt proportional ist.«

5. Die genannten Sätze gelten nicht nur für den Fall, dass die galvanische Spirale die Kerne ihrer ganzen Länge nach bedeckt, sondern sie bewahren auch ihre Gültigkeit, wenn die Spirale weder über die ganze Kernlänge reicht, noch die Kerne eng umschliesst, aber ihren Dimensionen pro-

portional wächst. Auch in diesem Falle ist der freie Magnetismus dieselbe einfache Function der Länge und des Durchmessers.“

6. »Der Umfang dieser Sätze, welche eine einfache Abhängigkeit des Magnetismus der Eisenstäbe und ihrer Theile von der Quadratwurzel ihrer Dimensionen begründen, wird durch den in weichem Eisen eintretenden magnetischen Sättigungszustand begränzt. Dieser Sättigungszustand macht sich um so eher bemerkbar, je länger die Stäbe bei gleicher magnetisirender Kraft sind, weil das Maximum des erregten Magnetismus in der Mitte der Stäbe unter dieser Bedingung der Quadratwurzel der Länge proportional wächst.“

Ich habe bisher den einen Fall unerörtert gelassen, in welchem die Länge der Spirale die Kernlänge übertrifft. Zwar habe ich auch in dieser Richtung Versuche angestellt; aber um hierüber zu einem Urtheil zu gelangen, welches der auf die bisher besprochene Bewickelung sich beziehenden Allgemeinheit gleich kommt, sind Spiralen von viel grösseren Dimensionen erforderlich, als die bisher in Anwendung gebrachten haben. Da ich für den Augenblick nicht im Besitz derselben bin, die Veröffentlichung der vorliegenden Versuche aber nicht länger verzögern will, so sehe ich mich genötigt für jetzt noch mit einem allgemeinen Urtheil über diesen Punkt zurückzuhalten, will aber doch nicht unterlassen im Anschluß an die hier folgenden Versuchareihen meine Vermuthung auszusprechen.

Um zu sehen, wie sich die Sache verhält, habe ich folgenden Versuch gemacht. In die Mitte einer 3" weiten Spirale von 2 Fuß Länge habe ich 1 und 2" dicke Eisenkerne von 4 bis 18" Länge eingeführt, so daß die Spirale stets auf beiden Seiten gleich weit über den Kern hervorragte. So erhielt ich folgende Reihen:

3" weite, 24" lange Spirale. 1" dicke Kerne. Strom 7".

l	n	$\lg n$	$n^2 \sqrt{n}$	$\frac{\lg n}{n^2 \sqrt{n}}$
4"	2	1	5,6	178
6"	3	2,75	15,6	176
9"	4,5	7,75	42,9	180
12"	6	14,75	86	171
15"	7,5	26,25	153,6	171
18"	9	42,75	243	175

XXIII.

4"		2"	dicke Kerne.	5,6	289
6"	3	4,5		15,6	288
12"	6	24		86	279

Bei beiden Reihen betrug die Wirkung der Spirale auf den 9 Fuß entfernten Spiegel $6^{\circ}25$, welche Wirkung von den bei den einzelnen Beobachtungen erhaltenen Werthen abgezogen ist.

Diese Resultate würden dadurch ihre Erklärung erhalten, dass man annähme, die Wirkung der stets gleichen Spirale auf die verschieden langen Kerne stände in einer Weise statt, wie wenn die Kerne ihrer Länge nach mit einer entsprechenden Windungszahl bedeckt wären. Freilich würde das Resultat durch die Seitenwirkung vergrößert, aber es ist möglich, dass diese Vergrößerung eben wieder der Kernlänge proportional wüchse. Man wird erkennen, dass die sich hier aufdrängenden Fragen durch das Experiment entschieden werden können, wenn dasselbe nur in dem nötigen Umfange angestellt wird.

Ich behalte mir die Fortsetzung dieser Untersuchungen für eine spätere Zeit vor.

Berlin, im Sept. 1863. now finally define within the whole

III. Ueber die specifische Wärme wasserfreier und
wasserhaltiger schwefelsaurer Salze;
von Carl Pape.

(Schluss von S. 384.)

6. Ueber Regnaults Bestimmungen specifischer Wärmen.

Im Eingange dieser Arbeit habe ich bereits angedeutet, dass die Werthe der spec. Wärme einiger Körper, die sowohl von Neumann als von Regnault untersucht sind, Abweichungen zeigen, deren Ursache bis jetzt nicht aufgeklärt ist. Wenn die Abweichungen unregelmässig wären und sich bei den verschiedenen Körpern bald nach der einen, bald nach der anderen Seite hin zeigten, so würde das weniger auffallen, man würde dann auf eine ungleiche Beschaffenheit der von Regnault und der von Neumann untersuchten Körper schliessen müssen. Da sich aber bei Ersterem die spec. Wärmen ohne Ausnahme grösser zeigen, so ist eine solche Annahme nicht wahrscheinlich, man muss vielmehr annehmen, dass entweder die von Regnault oder die von Neumann benutzte Methode einen constanten Fehler in sich schliesst, durch welchen die regelmässigen Abweichungen bedingt sind ¹⁾). Es schien mir nicht ohne In-

1) Die folgende Tabelle enthält die von Neumann und von Regnault untersuchten Körper und die von jedem von ihnen gefundenen spec. Wärmen; die dritte Column enthält die Differenzen der Werthe.

Schwerspath	0,107	0,113	+ 0,006
Gölestain	0,130	0,143	+ 0,013
Anhydrit	0,185	0,197	+ 0,012
Arragonit	0,197	0,209	+ 0,012
Kalkspath	0,202	0,209	+ 0,007
Spatheisenstein	0,182	0,194	+ 0,012
Grau-Spiessglanz	0,083	0,084	+ 0,001
Blitzglas	0,044	0,051	+ 0,007
Zinkblende	0,113	0,123	+ 0,010
Rotheisenstein	0,166	0,167	+ 0,001
Speckies	0,133	0,135	+ 0,002
Bergkristall	0,189	0,191	+ 0,002

teresse zu seyn, nach dem wahren Grunde dieser Abweichungen zu suchen und Gewissheit darüber zu erlangen, welche der beiden Methoden mit einem solchen Fehler behaftet sey, ich habe deshalb einen genauen Vergleich der beiden Methoden angestellt.

Bei meinen eigenen Beobachtungen spec. Wärmen, welche mit Hülfe der Neumann'schen Methode angestellt sind, habe ich mich überzeugt, dass diese von derartigen Fehlern frei ist, es konnte also der Grund für die angeführten Abweichungen nur in der Regnault'schen Methode liegen. Eine eingehende Prüfung dieser Methode hat mir nun in der That die Ueberzeugung verschafft, dass sie mit mancherlei Fehlern behaftet ist, und dass der einflussreichste derselben ganz in dem Sinne einer Verkleinerung der spec. Wärmen, also einer Annäherung an die Neumann'schen Werthe wirke. In dem Folgenden werde ich den Nachweis meiner Behauptung liefern, indem ich die Regnault'sche Methode, die Einrichtung seiner Apparate und die Ausführung seiner Versuche, wie sie von ihm beschrieben sind¹⁾, einer eingehenderen Besprechung unterwerfe und die einzelnen beanstandeten Fehler hervorhebe.

Die ausgedehnten Regnault'schen Untersuchungen über die spec. Wärmen von Körpern und die übrigen von ihm erhaltenen Resultate, setze ich im Folgenden als bekannt voraus und werde auf dieselben nur in soweit eingehen, als es für den angedeuteten Zweck nötig ist, ohne den unbestreitbaren grossen Werth dieser Untersuchungen von Neuem hervorzuheben. Es ist eben nur meine Absicht zu zeigen, dass dieselben nicht den Anspruch auf die grösste, erreichbare Zuverlässigkeit erheben können.

Das Gesagte gilt zunächst von den älteren, im Jahre 1840 und 41 veröffentlichten Versuchen Regnaults; es wird sich indes zeigen, dass auch die neuerdings im J. 1861 veröffentlichten Beobachtungen²⁾ mit denselben und an-

1) *Ann. de ch. et de ph.* T. 73 und série III T. 1, auch diese *Ann.* Bd. 51 und 63.

2) *Ann. de ch. et de ph.* III. T. 63.

doren Fehlerquellen behaftet sind. Es tritt bei diesen neuen Beobachtungen eine Fehlerquelle besonders stark hervor, die bei den älteren zwar auch vorhanden war, im Allgemeinen aber nur bei einzelnen Versuchen zur Geltung gekommen seyn kann. Einzelne der neueren Resultate sind sogar aus Versuchen erhalten, die wegen ihrer abweichen- den Einrichtung, meiner Meinung nach, einen besonders zweifelhaften Charakter haben.

Ich beginne mit der Besprechung der älteren Regnault'schen Versuche. Die Methode, welche diesen sowohl wie den übrigen zu Grunde gelegt ist, ist die der Mischung; es wird auch hier ein erhitzter Körper in eine kältere Flüssigkeit getaucht und aus der beobachteten Temperaturerhöhung derselben, sowie den anderen bekannten Größen, die gesuchte spec. Wärme berechnet. Die Gleichung, deren sich Regnault bedient hat, kann, obwohl sie sich nicht angegeben findet, keine andere seyn, als die oben angegebene einfache Gleichung, also das erste Glied der bei der Berechnung der Versuche benutzten corrigirten Gleichung. Es sind von ihm die Fehlerquellen, welche in der Ausstrahlung während der Beobachtung begründet sind, und die, welche nöthig werden, weil die Temperatur in der Zeit vom Eintauchen des erhitzen Körpers bis zum Eintritt des Maximums eine ungleiche ist, nicht von vorn herein berücksichtigt und nachher für jeden einzelnen Versuch aus den jedesmal beobachteten Größen bestimmt; er hat vielmehr die Correctionen bei besonders zu diesem Zwecke angestellten Versuchen im Voraus ermittelt, sie durch Interpolationsformeln dargestellt und die daraus für jeden Versuch berechneten Werthe an betreffender Stelle hinzugefügt.

Es lässt sich im Allgemeinen gegen ein solches Verfahren nichts einwenden, man muss annehmen, dass Regnault die Interpolationsformel aus einer hinreichend grossen Zahl von Versuchen bestimmt und dafür gesorgt hat, die äusseren Umstände in allen übrigen Versuchen ganz gleich herzustellen, obwohl Dies nicht leicht ist wegen der leichten Veränderlichkeit der Oberflächenbeschaffenheit des Misch-

gefäßes, von welcher die Gröſſe der Ausstrahlung also der Werth der anzubringenden Correction hauptsächlich abhängt. Es müssen aber die ermittelten Correctionen zweifelhaft erscheinen, da ihre Bestimmung sich gleichzeitig auf Annahmen stützt, die ihre Begründung keineswegs in den Resultaten bestimmter Versuche finden, sondern nur als wahrscheinlich hingestellt sind.

Um diese Behauptung zu rechtfertigen wird es nöthig seyn, etwas specieller auf die Regnault'schen Beobachtungen einzugehen, wie sie von ihm beschrieben sind¹⁾. Regnault beobachtet zunächst die Temperatur der Mischflüssigkeit und bringt, von diesem Augenblicke an die Zeit zählend, das Mischgefäß unter den Dampfapparat und lässt die erhitze Substanz hineinfallen, führt es dann wieder an die frühere Stelle zurück, um daselbst die weiteren Temperatur- und Zeitbeobachtungen anzustellen, wie ich sie bei meinen Versuchen beschrieben habe. Die Zeit, welche vom Aufheben des Mischgefäßes bis zum Zurückführen desselben an seine ursprüngliche Stelle verfließt, beträgt nach Regnault's Angabe etwa 30 Sekunden. Aus dieser nicht beobachteten, sondern nur geschätzten Zeit und der beobachteten Zeit des Maximumanfangs wird dann die für diese Correction wesentliche Zeitdauer berechnet. Außer dem Fehler, der dadurch begangen wird, dass diese Zeit nicht von dem Hineinwerfen des Körpers in die Flüssigkeit sondern von dem Ende der genannten 30 Sekunden an gezählt wird, ist noch die unzulässige Annahme gemacht, dass die Temperatur der Flüssigkeit in diesen 30 Sekunden constant bleibe, es muſſt also die eingeführte Correction zweifelhaft erscheinen.

Die Bedeutung dieser Correction verliert durch eine weitere unbewiesene Annahme noch mehr an Werth. Regnault nimmt nämlich an, um die Gröſſe der einzuführenden Correction bestimmen zu können, dass die Flüssigkeit im ersten Viertel der Zeit, welche vom Augenblicke der Rückkunft des Gefäßes an der Beobachtungsstelle bis zum

1) *Ann. de ch. et de ph.* T. 73, p. 22 ff. Diese Ann. Bd. 51, S. 60.

Eintritt des Maximums verfließt, die Temperatur der Umgebung und in den übrigen drei Vierteln die des Maximums habe.

Es scheint nicht nöthig, die Versuche einer eingehenderen Besprechung in Beziehung auf die Correctionen hier zu unterwerfen, welche Regnault mit flüssigen und pulvelförmigen Körpern angestellt hat, da er selbst erklärt, dass er sie für nicht hinreichend zuverlässig halte. Ich will nur darauf hinweisen, dass diese Stoffe von ihm im Glas eingeschmolzen oder in Messingcylinderchen eingestampft, in dieser Form erhitzt und in die Mischflüssigkeit eingeführt sind. Nach seinen eigenen Angaben ist in solchen Fällen das Temperaturmaximum erst nach 10 bis 15 Minuten eingetreten und hat dann mehrere Minuten angedauert. Unter solchen Umständen betragen die Correctionen einen sehr messbaren Theil der ganzen Temperaturerhöhung, so dass es deshalb sehr gewagt erscheint, grösstentheils auf die Beobachtung von Correctionen die Bestimmung von Zahlen zu stützen, selbst wenn ihnen nur eine geringere Zuverlässigkeit zuerkannt werden soll.

Bei Versuchen dieser Art ist namentlich der Umstand von bedeutendem Einflusse auf das Resultat, dass die innere Wärmeleitungsfähigkeit des untersuchten Körpers hier nicht vernachlässigt werden darf, wie in den Fällen in welchen der Körper in sehr kleinen Stücken angewandt wird. Aus diesem Grunde müssen außer den letzteren auch noch einzelne der Beobachtungen fehlerhaft seyn, welche Regnault zur Ermittelung der spec. Wärme von Metallen angestellt hat, weil diese zum Theil in Stücken von vielen Cubikcentimetern Inhalt angewandt sind. Auf den Einfluss dieser Fehlerquelle werde ich zurückkommen bei der Besprechung der neueren Untersuchungen Regnault's, weil sie sich bei diesen besonders stark geltend macht.

Ein anderer wesentlicher, eigentlich der hauptsächlichste Punkt bei der Bestimmung von spec. Wärmen ist, neben der genauen Beobachtung der Temperaturerhöhung, der, dass man sich auf das Unzweifelhafteste davon überzeugt,

dass der erhitze Körper durch und durch dieselbe constante Temperatur besitze, wie sie von dem benutzten Thermometer angezeigt wird. Bei der Beschreibung des Neumann'schen Dampfapparates habe ich ganz besonders hervorgehoben, dass dieser die Bedingung vollständig erfüllt und habe mich dabei auf Versuche berufen, die eine völlige Uebereinstimmung zwischen dem Stande des angewandten Thermometers im Dampfapparate und dem desselben Thermometers bei unverändertem Barometerstande in einer Cavendish'schen Röhre ergeben haben. Ein Gleichtes lässt sich nicht von Regnault's Dampfapparat sagen, wie aus dessen eigenen Versuchen hervorgeht und auch von ihm selbst zugestanden wird. Das Thermometer, welches sich mit dem erhitzen Körper in demselben Raume befindet, zeigt in seinen Versuchen immer eine niedrigere Temperatur an, als sie der Dampf von siedendem Wasser besitzen muss¹⁾). Es muss also dieser Apparat einen Fehler in seiner Einrichtung haben und zwar kann, wie mir scheint, dieser Fehler nur darin liegen, dass der Verschluss des inneren cylinderförmigen Hohlraumes nicht luftdicht ist, es muss in demselben eine continuirliche, wenn auch nur schwache Einströmung von kalter Luft von unten und eine Ausströmung warmer Luft oben stattfinden. Anders kann ich mir wenigstens den niederen Stand des Thermometers nicht erklären, der häufig um zwei bis drei Grade von 100° abweicht, denn bei dem Neumann'schen Apparate, der vollkommen luftdicht schliesst, hat es sich gezeigt, dass es möglich ist, dem eingeschlossenen Raume die Temperatur des Wasserdampfes zu geben.

Die Einrichtung des Apparates, wie sie von Regnault selbst beschrieben ist, giebt der ausgesprochenen Vermuthung Wahrscheinlichkeit. Der Verschluss des verticalen Cylinders, der an den Seiten von Dampf umströmt ist, wird nämlich oben durch einen cylindrischen Stopfer aus Weissblech mit übergreifendem, ebenem Rande bewirkt, in dessen Mitte das Thermometer eingekorkt ist, und unten

1) *Ann. de ch. et de ph.* T. 73, p. 22; Diese Ann. Bd. 51 S. 60.

durch einen doppelten Auszug aus Weissblech mit ebenfalls übergreifendem flachen Rande. Bis zu der Höhe des oberen der beiden zusammenhängenden Auszüge ist der Cylinder außerhalb von Wasser von der Temperatur der Luft umströmt, um auf diese Weise das Mischgefäß gegen die etwaige Erwärmung vom Dampfraume her zu schützen. Diese letztere Einrichtung muss an sich eher schädlich als nützlich seyn, indem unter allen Umständen der obere Theil des Auszuges, wegen seines guten Wärmeleitungsvermögens, dem warmen Cylinder dadurch unnöthig mehr Wärme entziehen und dem Wasser abgeben wird.

Durch einfaches in einander Schieben von Weissblech-cylindern ist ein vollständiger Verschluss des erwärmten Raumes gewiss nicht mit Sicherheit, höchstens ab und an durch Zufall zu erreichen, im Allgemeinen wird er nie vollkommen seyn und dann wird stets ein mehr oder weniger starker Luftstrom durch den Apparat von unten nach oben gehen, der für einen bestimmten Versuch natürlich eine constante Stärke besitzen und eine gleichmässige Abkühlung des Raumes herbeiführen wird. In diesem Luftstrom sehe ich also den Grund für den niedrigen Stand des Thermometers in den Regnault'schen Versuchen.

Wenn man eine solche continuirliche, gleichmässige Abkühlung des Hohlraumes annimmt und von dem Thermometer an seiner Stelle in der Cylinderaxe nach längerer Zeit eine constante Temperatur angegeben sieht, so muss man annehmen, dass in allen Theilen des cylindrischen Hohlraumes eine constante Temperatur sey und zwar symmetrisch um die verticale Axe des Cylinders vertheilt, am niedrigsten in derselben, am höchsten und gleichzeitig der des umgebenden Wasserdampfes gleich an der Mantelfläche des Cylinders, von der ersten bis zu der letzteren mit wachsendem Radius zunehmend. Ich sehe hierbei davon ab, dass die Temperatur außerdem im unteren Theile des ziemlich langen Hohlraumes niedriger als im oberen ist und nehme an, dass der erhitzte Körper an seinem unteren

und oberen Theile an allen gleichgelegenen Stellen dieselbe Temperatur habe, wozu die geringe verticale Ausdehnung des vom Körper erfüllten Raumes wohl berechtigt. Wäre die ausgesprochene Vermuthung richtig, denn nur eine solche kann es seyn, da directe Beobachtungen nicht vorliegen, so müfste also auch der Körper der rund um das in der Cylinderaxe befindliche Thermometer in einem kleinen Doppelcyylinder aus Drahtgeflecht vertheilt ist, eine höhere Temperatur haben, als das Thermometer anzeigt, und Regnault würde, wenn er diese Temperatur hätte in Rechnung bringen können, für die spec. Wärme der so untersuchten Körper einen kleineren Werth gefunden haben.

Aus dieser Ursache lassen sich die in der oben angegebenen Weise stattfindenden constanten Abweichungen der Regnault'schen Zahlen von den Neumann'schen zum Theil erklären, da bei der Berücksichtigung derselben die im Ausdrucke der spec. Wärme im Nenner auftretende Differenz zwischen der Temperatur des erhitzen Körpers und der beobachteten Max. Temperatur der Flüssigkeit dadurch gröfser und demnach der Werth der spec. Wärme kleiner wird. Zur Uebereinstimmung werden die von beiden Beobachtern gefundenen Werthe der spec. Wärmen bei Berücksichtigung dieses einen Fehlers indefs noch nicht gebracht, so dass bei den Regnault'schen Versuchen noch andere Fehlerquellen angenommen werden müssen, so lange nicht den Neumann'schen solche nachgewiesen sind.

In unmittelbarer Nähe der Cylinderwand können wir im Regnault'schen Apparate, wegen ihrer sehr geringen Dicke, ohne Frage die Temperatur des umströmenden Dampfes annehmen, wäre diese also bekannt, so würde es möglich seyn, durch angenähere Berechnung die wirkliche Temperatur des erhitzen Körpers zu ermitteln, da die Temperatur in der Axe des Cylinders durch das Thermometer angegeben wird, und die Regnault'schen Zahlen annähernd von dem durch die Verschiedenheit der Temperatur im Apparate bedingten Fehler befreien. Regnault hat aber weder directe Beobachtungen über die Temperatur des

Dampfes noch den Barometerstand angegeben, so dass für die bestimmte Lösung dieser Frage durchaus kein Anhalt gegeben ist, da bei den äußersten Barometerständen die Siedepunktstemperatur um $0^{\circ},5$ C. um 100° schwanken kann. Es soll jedoch der Versuch unter der Annahme gemacht werden, dass der Siedepunkt des Wasserdampfes und auch die Temperatur des erhitzen Körpers immer genau 100° C. gewesen sey, um in dem so berechneten Werthe der spec. Wärme und dem welchen Regnault angibt Gränzwerthe zu erhalten, zwischen denen der wahre Werth liegen muss, wenn nur dieser eine Fehler vorhanden ist. Wenn dieser Versuch auch nicht das Resultat haben kann die Regnault'schen Zahlen völlig zu verbessern, so wird er doch zeigen, von welcher Ordnung der Einfluss des so berücksichtigten Fehlers ist.

Um die Grösse des Fehlers bestimmen zu können, muss man zunächst wissen, ob die Regnault'schen Zahlen die betreffenden Correctionen schon enthalten, oder ob sie ihnen noch hinzuzufügen sind. Eine bestimmte Angabe hierüber findet sich nicht, eine nähere Betrachtung der angegebenen Zahlen und der Umstand, dass die Werthe der spec. Wärmen, welche aus diesen Zahlen mit Hülfe der einfachen Gleichung unter der Annahme berechnet werden, dass die Correctionen daran bereits angebracht seyen, bis auf sehr kleine Abweichungen sehr gut mit Regnault's Angaben stimmen, macht es indes wahrscheinlich, dass die Correctionen wirklich schon angebracht sind.

Wenn die Regnault'sche Bezeichnung beibehalten wird und man setzt die Temperatur, welche der Körper vom Gewichte M in dem Dampfapparate erlangt hat T , die Maximumstemperatur der Flüssigkeit ϑ , die corrigirte Temperaturerhöhung der Flüssigkeit $\Delta\vartheta$, die Wassermasse A , den Wasserwerth der verschiedenen Theile des Mischgefäßes $a = 5,70$, den Wasserwerth des kleinen Körbchens aus Messingdrahtgeflecht k , die gesuchte spec. Wärme s , so lautet die zur Berechnung dienende Gleichung

$$(Ms + k)(T - \vartheta) = (A + a)\Delta\vartheta.$$

Bei der Berechnung der spec. Wärme des Messings ist k zu streichen, da es in einem solchen Falle bereit in M_s enthalten ist.

In der folgenden Tabelle werde ich die Regnault'schen Beobachtungen für die Seite 579 aufgezählten Salze mit seinen Resultaten angeben und daneben die Werthe schreiben, welche aus diesen Zahlen mit Hilfe der obigen Formel erhalten sind, einmal unter der Annahme, daß die beobachtete Temperatur des erhitzten Körpers dieselbe wirklich eigen gewesen, und dann, daß sie 100°C . betragen habe, um auf diese Weise die zwei Gränzwertthe zu bekommen, zwischen denen der wirkliche Werth liegen müste, wenn andere Fehlerquellen bei den Versuchen nicht wirksam gewesen wären. Es sind nicht sämtliche Beobachtungen in der angegebenen Weise berechnet, es ist von mehreren Versuchen immer nur der als Beispiel gewählt, welcher den am Wenigsten vom Mittel abweichenden Werth der spec. Wärme gegeben hat.

Die folgenden Zahlen sind aus den Beobachtungen von Regnault, welche in der Tabelle auf Seite 579 aufgeführt sind, entnommen. Sie sind in der Tabelle so angeordnet, daß diejenigen, welche die Wärme des erhitzten Körpers am meisten unterscheiden, am weitesten von dem Mittel entfernt sind, während diejenigen, welche die Wärme am wenigsten unterscheiden, am nächsten an das Mittel liegen. Die Zahlen sind in der Tabelle so angeordnet, daß diejenigen, welche die Wärme am wenigsten unterscheiden, am weitesten von dem Mittel entfernt sind, während diejenigen, welche die Wärme am wenigsten unterscheiden, am nächsten an das Mittel liegen.

Die folgenden Zahlen sind aus den Beobachtungen von Regnault, welche in der Tabelle auf Seite 579 aufgeführt sind, entnommen. Sie sind in der Tabelle so angeordnet, daß diejenigen, welche die Wärme des erhitzten Körpers am meisten unterscheiden, am weitesten von dem Mittel entfernt sind, während diejenigen, welche die Wärme am wenigsten unterscheiden, am nächsten an das Mittel liegen. Die Zahlen sind in der Tabelle so angeordnet, daß diejenigen, welche die Wärme am wenigsten unterscheiden, am weitesten von dem Mittel entfernt sind, während diejenigen, welche die Wärme am wenigsten unterscheiden, am nächsten an das Mittel liegen.

<i>M</i>	<i>T</i>	<i>k</i>	<i>A</i>	<i>θ</i>	<i>T</i> = 100°C.
320,75	320,75	0,913	462,41	18,80	0,09268
97,95	97,95	0,705	462,41	14,46	0,09302
98,74	98,74	0,705	462,41	31,72	0,09340
98,74	99,05	0,705	462,10	21,91	0,1117
107,72	89,19	1,555	462,20	19,22	0,1366
147,19	158,38	1,555	462,46	16,43	0,2069
89,39	158,38	0,913	462,45	3,404	0,2110
167,56	0,848	0,913	462,00	9,57	0,1879
167,56	0,848	0,913	440,36	8,20	0,1922
347,68	228,40	0,913	440,39	22,78	0,1939
Zinkblede	228,40	0,913	440,42	14,47	0,1930
Kohlenstein	138,59	0,913	462,32	15,22	0,1913
Speckstein	223,52	0,913	440,39	11,77	0,1916
Bergkalk	131,32	0,913	462,45	0,4919	0,1891

Ein Vergleich der nach der obigen Formel berechneten Zahlen, wie sie in der Column $T = T$ enthalten sind, mit denen in der Column s , welche Regnault berechnet hat, macht es wahrscheinlich, daß dieser sich derselben Gleichung bedient hat, da die Abweichungen der beiderlei Werthe bald nach der einen, bald nach der anderen Seite hin stattfinden und sehr klein sind.

Vergleichen wir die Zahlen der vorletzten Column mit denen der letzten (für $T = 100^\circ$), welche die Werthe der spec. Wärmen unter der Voraussetzung berechnet enthält, daß die Temperatur des erhitzen Körpers 100° gewesen sey, so zeigt sich in der That, daß durch die Annahme einer höheren Anfangstemperatur des Körpers seine spec. Wärme nicht unwesentlich verringert wird, und daß die Berücksichtigung dieser Fehlerquelle die Werthe den Neumann'schen Zahlen, wenn auch noch nicht gleich macht, so doch um einen beträchtlichen Theil näher bringt und daß sie jedenfalls nicht vernachlässigt werden darf.

Neben dieser Fehlerquelle läßt sich bei den Regnault'schen Versuchen noch eine zweite nachweisen, die ihren Grund gleichfalls in der Einrichtung des Apparates findet. Der Fehler, welcher dadurch in das Endresultat eingeführt wird, läßt sich seiner absoluten Größse nach, in Ermangelung der dazu nöthigen Beobachtungen zwar auch hier nicht bestimmen, es läßt sich indes aus Gründen, die angegeben werden sollen, schließen, daß sein Einfluß ebenfalls kein unbedeutender ist.

Wenn bei Regnault's Versuchen das Thermometer in dem Dampfapparate eine constante Temperatur anzeigt wird das Mischgefäß daruntergestellt, darauf der untere Blechauszug herausgezogen und der erhitze Körper mit dem umschließenden Drahtkörbchen in die Flüssigkeit getaucht. Wenn der Auszug nun auch nicht so genau schließt, daß die Temperatur im Inneren auf 100° steigen kann, so liegt er der Wand doch so nahe an, daß bei dem nöthigen raschen Herausziehen im Inneren des Apparates eine Luftverdünnung und gleich darauf ein plötzliches Eindrin-

gen kalter Luft stattfinden muss, die ohne Frage eine Abkühlung nicht allein des ganzen Raumes, sondern auch des erhitzen Körpers zur Folge hat. Bei der Grösse des Auszuges ist das Volumen der eindringenden kalten Luft kein unbedeutendes und die Abkühlung, welche sie bewirkt gewiss nicht zu vernachlässigen, wenn die Operation auch noch so rasch vor sich geht. Regnault sagt allerdings an einer Stelle seiner Arbeit¹), dass das Herablassen des Körpers höchstens eine halbe Sekunde daure und dabei folglich ein Temperaturverlust nicht stattfinden könne, an einer anderen Stelle²), ein paar Seiten weiter, giebt er aber nicht allein die Möglichkeit einer merklichen Abkühlung zu, sondern weist ihren Einfluss selbst mit Zahlen nach. Er sagt daselbst, dass das aus seinem Messingdrahte gearbeitete Körbchen wegen seiner grossen Oberfläche auf dem Wege aus dem Apparate in die Flüssigkeit sehr viel Wärme verliere, und um von diesem unabhängig zu werden, bestimmt er durch Versuche mit Metallen von bekannter specifischer Wärme den Wasserwerth des Körbchens mit dem es in der Flüssigkeit auftritt. Auf diese Weise ergiebt sich statt des berechneten Werthes 1,147 in Wirklichkeit nur 0,913. Wenn nun aber das Drathkörbchen schon einen solchen Wärmeverlust erleidet, so muss unter allen Umständen auch der Körper Wärme verlieren, der nicht allein mit dem Drahtnetze in Berührung ist, sondern auch wegen der Maschen desselben selbst eine grosse freie Oberfläche und außerdem in den meisten Fällen, wenn er nicht gerade ein Metall ist, ein bedeutend grösseres Ausstrahlungsgewissen als das Messing besitzt. Wie gross der Wärmeverlust des Körpers ist, lässt sich nicht bestimmen, da darüber keine Beobachtungen vorliegen, dass er aber stattfindet und nicht vernachlässigt werden darf, geht aus den eigenen Angaben Regnaults hervor.

Eine Folge dieses Wärmeverlustes ist, dass der erhitze Körper mit einer geringeren Wärmemenge in Wirklichkeit

1) *Ann. de ch. et de ph.* T. 73 p. 23; Diese Ann. Bd. 51 S. 61.

2) *Ann. de ch. et de ph.* T. 73 p. 32; Diese Ann. Bd. 51 S. 68.

in die Flüssigkeit gelangt als sie der Temperaturangabe des Thermometers entspricht, es wird also die spec. Wärme in Folge der Nichtberücksichtigung dieses Fehlers zu klein gefunden.

In derselben Weise wie dieser Fehler wirkt die dritte bei Regnault's Versuchen nachweisbare Fehlerquelle, deren Einfluss im Folgenden näher erörtert werden soll. Sie wirkt indefs nicht bei allen Versuchen, hauptsächlich nur, da sie in der Vernachlässigung des Einflusses der inneren Leitungsfähigkeit begründet ist, bei den Versuchen über die spec. Wärme der Metalle, weil diese meistens in gröfsen Stücken angewandt sind. Hier beim Vergleiche der Resultate von Regnault und Neumann scheint sie nicht in Frage zu kommen, da Ersterer, so weit es sich aus seinen Angaben erschen lässt, die hier betrachteten Körper in kleineren Stücken angewandt hat, so dass der Einfluss der inneren Wärmeleitungsfähigkeit außer Acht gelassen werden darf.

Welcher der beiden hier in Frage kommenden Fehler überwiegt, ob also die angegebenen Werthe der spec. Wärmen zu verkleinern oder zu vergrössern seyn werden, lässt sich mit Bestimmtheit nicht entscheiden, da darauf bezügliche directe Beobachtungen nicht vorliegen. Es scheint mir, dass die Regnault'schen Zahlen zu gross sind, dass also der erstgenannte Fehler überwiegt, weil dieser die ganze Masse, der Wärmeverlust bei der immer noch kurzen Zeit des Hinabsenkens des Körbchens dagegen nur die äusseren Theile des Körpers betrifft. Jedenfalls scheint mir aber mit Bestimmtheit aus diesen Betrachtungen zu folgen, dass die Regnault'schen Zahlen nicht die Zuverlässigkeit beanspruchen dürfen, wie die welche Neumann beobachtet hat, weil dessen Methode von den erwähnten Fehlern frei ist.

Im Jahre 1861 ist von Regnault eine neue Arbeit veröffentlicht¹⁾), worin er die Resultate seiner Untersuchungen über die spec. Wärme von Körpern mittheilt

1) *Ann. de ch. et de ph. III. T. 63.*

welche erst in neuerer Zeit in größerer Menge und rein dargestellt sind. Es sind dies: Magnesium, Lithium, Osmium, Rhodium, Iridium, Mangan, Nickel, Kobalt, Wolfram, Silicium und Bor.*

Die bei dieser Untersuchung angewandte Methode ist dieselbe, wie die nach welcher die älteren Beobachtungen angestellt sind, auch der benutzte Apparat unterscheidet sich in der Einrichtung seines wesentlichen Theiles, des mit Luft erfüllten Hohlraumes, nicht von dem früheren. Es erreicht auch in diesem Apparate das Thermometer nicht die dem Dampfe des siedenden Wassers zukommende Temperatur von 100°, in den meisten Fällen ist sie um mehr als zwei, in mehreren sogar um mehr als drei Grade niedriger und zwar auch hier höchst wahrscheinlich aus demselben oben angeführten Grunde, dass der Verschluss des Hohlraumes kein vollständiger ist, da er hier in gleicher Weise wie dort bewirkt wird. Ich glaube deshalb mit Bestimmtheit behaupten zu können, dass diese neueren Untersuchungen mit denselben, in der Einrichtung des Apparates begründeten Fehlerquellen, behaftet sind, welche den früheren nachgewiesen sind.

Wegen der Art, wie die Correctionen ermittelt und angebracht sind, welche in Folge der Ausstrahlung des Mischgefäßes in der Zeit vom Eintauchen des erhitzen Körpers bis zum Ende des Temperaturmaximums nötig werden, ist auf eine im Jahre 1856 erschienene Arbeit verwiesen¹⁾. Hiernach ist die in der ersten Arbeit benutzte Correctionsmethode, die auf nicht genügend begründeten Voraussetzungen über den Werth der anzubringenden Correctionen beruhete, verlassen, es sind vielmehr Interpolationsformeln aufgestellt, welche erlauben, die Correction aus zwei unter ähnlichen Verhältnissen angestellten Versuchen zu ermitteln. Die Gestalt der Formeln stützt sich auf eine Reihe ausgeführter bestimmter Versuche, es scheint daher, dass trotz der

1) *Ann. de chim. et de phys.* III. T. 46: Bestimmung der spec. Wärme von Osmium, Rhodium, Iridium, Aluminium, Kobalt, Nickel, Natrium und Kalium.

Unmöglichkeit, alle Versuche unter ganz gleichen Verhältnissen anzustellen, bei Berücksichtigung des im Allgemeinen immer geringen Werthes der Correctionen, bei den Versuchen Nichts dagegen zu erinnern ist, bei welchen die Zeit vom Eintauchen des Körpers bis zum Ende des Maximums, also namentlich die Dauer des letzteren eine geringe ist.

Es ist bereits im Vorhergehenden darauf hingewiesen, dass bei einzelnen der älteren Versuche außer den allen Versuchen gemeinsamen Fehlern noch ein neuer Fehler auftrete, der seinen Grund in der Vernachlässigung des inneren Leistungsvermögens der betreffenden erhitzen Körper habe, und dass der Einfluss dieses Fehlers besonders groß sey, wenn der Körper in sehr dicken Stücken angewandt werde. Dieser Vorwurf trifft die neueren Versuche Regnault's über die spec. Wärme der vorhin genannten Körper fast ohne Ausnahme, und zwar in einem besonders hohen Grade, weil hier der Einfluss des Fehlers noch durch andere schädliche Vorrichtungen wesentlich erhöht ist.

Für die genaue Ermittlung der spec. Wärme eines Körpers ist einer der Punkte, auf die es hauptsächlich ankommt, der, dass nach dem Hineinwerfen des erhitzen Körpers in die Mischflüssigkeit eine vollständige Ausgleichung der Temperaturen möglichst rasch eintritt, damit die Correction auf ein Minimum reducirt wird, welche wegen der Ausstrahlung des Gefäßes anzubringen ist. Es muss also das Maximum der Temperatur möglichst rasch erreicht werden, und damit diese für die Berechnung der spec. Wärme so wichtige Größe auch mit der größten Sicherheit wirklich beobachtet werden kann, darf es nur äußerst kurze Zeit andauern.

Während des Maximums selbst ist die Temperatur des Körpers höher als die der Flüssigkeit, man beobachtet also ein zu niedriges Maximum, es würde in Wirklichkeit größer seyn, wenn die im Körper noch enthaltene Wärme sich gleich der Flüssigkeit mitgetheilt hätte. Damit man das wirkliche Maximum möglichst genau beobachten kann,

ist es geboten, den Körper so viel als möglich zu zerstückeln, denn je grösser die Stücke desselben sind, desto mehr seiner ursprünglichen Wärme wird bei der Beobachtung des Maximums noch in ihm enthalten seyn, da die Zeit in welcher die Wärme aus dem Körper heraustritt von der Grösse des zurückzulegenden Weges abhängt, desto grösser wird also der Fehler seyn, welchen man begeht, wenn man das beobachtete Maximum als das wirkliche ansieht.

Dieser Fehler kann bei den Regnault'schen Versuchen nicht gering seyn, da z. B. die spec. Wärme des Magnesiums an einem einzigen Stücke von 92 Gr. Gewicht, also etwa 50 CC. Grösse untersucht ist. Ebenso sind von ihm folgende Körper in grossen Stücken untersucht: Osmium (ein Cylinder von 205 Gr.), Rhodium (ein Cylinder von 200 Gr.), Iridium (300 Gr. und 263 Gr.), Mangan (ein kugelförmiges Stück von 130 Gr.), Nickel (zwei und drei kugelige Stücke von zusammen 311 und bez. 230 Gr.), Kobalt (zwei kugelige Stücke von zusammen 114 Gr.). Mag auch das Leitungsvermögen der Metalle immerhin sehr gross seyn, so ist es doch jedenfalls nicht so bedeutend, dass es einerlei ist, ob das Metall in kleinen oder grossen Stücken angewandt wird. Außerdem findet bei der Anwendung einzelner grosser Stücke, noch das Störende statt, dass die Beweglichkeit der Flüssigkeit, also auch die rasche Vertheilung der übergetretenen Wärme darunter leidet.

Bei einzelnen Versuchen hat Regnault den Fehler, welcher aus den angegebenen Gründen bei der Anwendung grosser Stücke entsteht, noch vergrössert, indem er durch eine zum Schutze des untersuchten Körpers gegen die oxydirende Wirkung des Wassers getroffene Vorsehung den Wärmeaustausch zwischen Körper und Wasser noch mehr gehemmt hat. Er hat den Körper in einzelnen Fällen noch mit einer schweren Hülle aus Bleifolie umgeben, deren Gewicht z. B. bei dem 50 CC. grossen Stücke Magnesium 48 Gr. betragen hat. Es kann diese Hülle dem Metalle unmöglich so angepresst werden, dass überall

eine volle Berührung stattfindet, es wird sich vielmehr stets eine mehr oder weniger dicke Luftsicht zwischen Metall und Bleihülle befinden, durch welche der Uebergang der Wärme aus dem Metalle in das Wasser nur erschwert werden kann und die Dauer des Maximums zum Nachtheile der Genauigkeit des Resultates vergrössert werden muss.

Ein ähnliches Verfahren ist auch angewandt, um das Wolfram, welches nur in Pulverform zur Verfügung gestanden hat, in einer zusammenhängenden Masse untersuchen zu können. Die zur Untersuchung angewandten 421 Gr. Wolfram, also mindestens 20 CC., sind in ein ringförmiges Gefäß von Messingblech und 35 Gr. Gewicht gestampft und dann dem Versuche unterworfen. Nun leiten pulverförmige Substanzen zu einer grösseren Masse vereinigt die Wärme an sich schlecht, und hier ist die Ausgleichung der Temperatur zwischen der des Wassers und der des Wolframs durch die Zwischenschicht von Messing noch wesentlich verschlechtert, so dass der beanstandete Fehler auch bei diesem Versuche kein unbedeutender gewesen seyn kann.

In seiner ersten Arbeit über die spec. Wärme fester Körper hat Regnault selbst, wie das bereits oben angeführt ist, ganz analog ausgeführte Versuche für unzuverlässig erklärt, weil die Maximumstemperatur zu lange angedauert habe. Wie lange bei den neuen Versuchen das Maximum gewährt hat, lässt sich aus der Arbeit nicht ersehen, es fehlen die Angaben darüber, da aber die Verhältnisse ganz dieselben sind, so wird der Einfluss der Maximumsdauer hier auch ein ähnlicher seyn, und es dürften daher die neuen Versuche in demselben Grade unzuverlässig seyn, wie jene von Regnault selbst beanstandeten.

Aufer dem hervorgehobenen Nachtheile einer Hemmung der Temperaturausgleichung zwischen dem erhitzen Körper, dessen spec. Wärme bestimmt werden soll, und dem Wasser, auf deren möglichst rasche Beendigung es so wesentlich ankommt, hat das Einschließen des Körpers in eine schwere Metallhülle noch den Nachtheil, dass ein fremder

Körper durch seine Masse und seine spec. Wärme auch noch Einfluss auf die Vertheilung der Wärme erhält. Es wird dadurch die spec. Wärme desselben als neue Grösse in die Gleichung eingeführt und die Zahl der Grössen durch welche die gesuchte spec. Wärme bestimmt wird vermehrt, während es doch im Interesse der Genauigkeit des Resultates liegt, diese Zahl so weit es irgend geht zu beschränken. Der Einfluss dieser Hülle, soweit ihre Masse und spec. Wärme in Betracht kommt, hängt von dem Verhältnisse ihres Wasserwerthes zu dem des untersuchten Körpers ab; ist dasselbe klein, so ist der Einfluss auf das Resultat ein geringer, er ist aber groß sobald das Verhältnis einen höheren Werth hat.

Die letztgenannte Fehlerquelle macht sich namentlich bei dem Versuche, die spec. Wärme des Lithiums zu bestimmen, geltend. Es steht Regnault von diesem Metalle nur eine Kugel im Gewichte von 0,945 Gr. zur Verfügung, mit welcher die Bestimmung der spec. Wärme in der folgenden Weise unternommen ist. Es wird die Kugel in die cylindrische Höhlung eines massiven Bleicylinders gelegt, diese daraus durch einen aufgesetzten und festgeschlagenen Bleistöpel gegen außen vollständig abgeschlossen, hiernach die Masse beider Metalle, welche jetzt 111 Gr. wiegt, im Dampfapparate erwärmt und die Temperaturerhöhung in der Mischflüssigkeit beobachtet. Wenn die aus diesen Versuchen gefundene spec. Wärme 0,94 des Lithiums genau verbürgt wäre, so würde das Verhältnis der Wasserwerthe des Lithiums und des Bleis ungefähr 1 : 4 seyn, da die von Regnault ermittelte spec. Wärme von Blei = 0,0314 ist; der Einfluss des Bleis bei der Ausgleichung der Temperaturen ist also ohne Frage zu groß im Verhältnis zu dem des Lithiums. Außerdem befindet sich in diesem Falle das Lithium, also der Körper, auf den es bei der Wärmevertheilung hauptsächlich ankommt, in der allerungünstigsten Lage. Es ist von dicken Bleiwänden eingeschlossen, ein großer Theil seiner Wärme geht erst sehr spät in die Flüssigkeit über und ein

Theil, wenn nicht alle, dient hauptsächlich dazu, das Temperaturmaximum längere Zeit constant zu erhalten, geht also, da er durch die unsichere Correctionsmethode ermittelt werden muss, für die Beobachtung mehr oder weniger verloren.

Es scheint gewagt, nach einer solchen Methode, also größtentheils aus Correctionen, die spec. Wärme eines Körpers bestimmen zu wollen, und man muss es jedenfalls als einen Zufall ansehen, dass die Resultate der specifischen Wärme-Bestimmung des Lithiums (bez. 0,9421, 0,9405, 0,9407) eine Uebereinstimmung haben geben können, die bis auf den 2300ten Theil des Mittelwerthes geht. Regnault scheint in dieser Uebereinstimmung der Resultate einen Beweis für die Zuverlässigkeit derselben zu sehen, obwohl die specifische Wärme des Bleis 0,0314 nur bis auf den hundertsten Theil verbürgt werden kann¹), und ebenso darin, dass das Product 37,8 aus der spec. Wärme 0,9408 des Lithiums und dem Aeq. Gewichte 40,18 innerhalb der Gränzen (etwa 36 bis 41) liegt, zwischen denen dies Product bei den anderen Elementen schwankt.

An diesen mit dem Lithium angestellten Versuchen ist von Regnault Nichts zu errinnern gewesen, während er die unter ganz ähnlichen Verhältnissen mit dem graphitischen Bor ausgeführten Beobachtungen für unzuverlässig erklärt, weil unter drei Versuchen, neben zwei sehr scharf stimmenden, sich ein von diesen, offenbar durch ein Versehen, bedeutend abweichender findet²). Bei diesen Versuchen ist nämlich das mit Bor gefüllte Körbchen mit Bleifolie ausgefüllt, um das pulvige Bor zusammenzuhalten und mit einer sehr schweren Bleiplatte belastet gewesen, um dadurch das Untersinken im Wasser zu erleichtern. In dieser Menge Blei sieht Regnault hier den Grund für die Unzuverlässigkeit, denn er sagt a. a. O. wörtlich: »Der Wasserwerth p (Wasserwerth des Körbchens und des Bleis) ergiebt sich also doppelt so groß als der von M (Gewicht

¹) Ann. de ch. et de ph. T. 73, p. 40.

²) Ann. de ch. et de ph. III, T. 63, p. 36.

des angewandten Bors) und dieser letztere enthält daher nothwendig die Summe der Fehler eines jeden Versuches.»

Wenn man die verschiedenen Fehlerquellen berücksichtigt, mit welchen die Regnault'schen Beobachtungen behaftet sind und ihren bedeutenden Einfluss, so wird es zweifelhaft erscheinen, ob sie den Grad der Zuverlässigkeit beanspruchen dürfen, der ihnen bisher zuerkannt ist, und ob die erhaltenen Resultate, namentlich die neueren, zu allen den weitergebenden Schlüssen berechtigen, die Regnault daraus gezogen hat.

Göttingen, im Juli 1863.

IV. *Ueber den Brechungsexponenten der Metalle;* *von G. Quincke.*

(Vorgetragen in der physikalischen Gesellschaft zu Berlin
den 27. Nov. 1863.)

In einer früheren Abhandlung »Ueber die optischen Eigenchaften der Metalle«¹⁾ habe ich darauf aufmerksam gemacht, dass der Brechungsexponent der Metalle, besonders des Silbers und des Goldes, kleiner als 1 seyn kann. Es folgte dies aus den Constanten der elliptischen Polarisation des von diesen Metallen reflectirten Lichtes mit Hülfe der von Cauchy und Eisenlohr gegebenen Theorie, sowie direkt aus meinen Versuchen über die Verschiebung von Interferenzstreifen durch dünne durchsichtige Metallblättchen.

Zu gleicher Zeit führt aber die Theorie der elliptischen Polarisation, wie sie von Cauchy, Beer und F. Eisenlohr entwickelt ist, darauf, dass der Brechungsexponent

1) Monatsberichte der Berl. Acad. 16. März 1863. Pogg. Ann. Bd. 119 S. 368. Die Angaben der Seitenzahlen in vorliegendem Aufsatz beziehen sich auf die erstere Abhandlung.

der Metalle, ebenso wie der Extinctions-Coëfficient, eine Function des Einfallswinkels ist und zwar müsste (Vergl. S. 124 a. a. O.)

(4) $\begin{cases} \nu^2 = n^2 + \sin^2 J \\ \gamma^2 = g^2 + \sin^2 J \end{cases}$ seyn, wo ν und γ den Brechungs- und Extinctions-Coëfficienten für den Einfallswinkel J , n und g dieselben Größen für den Einfallswinkel 0° bezeichnen.

Man kann nun mit dem von mir angewandten Interferenzapparate (dessen Beschreibung a. a. O. S. 125) die Richtigkeit der ersten Gleichung (4) prüfen, indem man die Verschiebung der Interferenzfransen beobachtet, während man das in den Gang des einen interferirenden Strahlbündels eingeschaltete Metallblättchen allmählich neigt, so dass der Einfallswinkel der auffallenden Lichtstrahlen allmählich wächst.

Mit wachsender Neigung wird die Dicke der durchstrahlten Metallschicht und dadurch auch die Verschiebung zunehmen. Anderseits wird aber auch der Brechungsexponent ν wachsen, und für einen bestimmten Einfallswinkel η wird $\nu = 1$, sobald $n < 1$ ist. Mit wachsendem Einfallswinkel wird also die Verschiebung zunehmen bis zu einer bestimmten Größe, und dann wieder abnehmen. Für einen bestimmten Einfallswinkel η wird die Verschiebung 0, und dann folgt aus Gleichung (4).

(5) $\begin{cases} 1 = n^2 + \sin^2 \eta \\ n = \cos \eta \end{cases}$

Es gäbe das, die Theorie als richtig angenommen, eine Methode ab, n zu bestimmen, ohne die Dicke der Platte zu kennen. Dabei ist vorausgesetzt, dass die Verschiebung der Interferenzstreifen, welche von der elliptischen Polarisation des durch die Metalle hindurchgegangenen Lichtes herrüft, 0 ist.

Nimmt man die von mir früher¹⁾ ausgesprochene und begründete Ansicht als richtig an, dass die senkrecht zur Einfallsebene polarisierten Lichtstrahlen, deren Schwingung

1) Monatsber. der Berl. Acad. 18. Dec. 1862 und 16. März 1863.

gen senkrecht zur Einfallsebene stehen, bei allen Einfalls-winkeln dieselbe oder gar keine Phasenänderung erleiden, sondern dass dies bloß bei den parallel der Einfallsebene polarisierten Lichtstrahlen der Fall ist, so hat man nur die Verschiebung der Interferenzstreifen mit einem Nicol'schen Prisma zu beobachten, dessen Hauptsnitt parallel der Einfallsebene steht, das also nur Strahlen ins Auge gelangen lässt, die senkrecht zur Einfallsebene des Metalls polarisiert sind.

Der Natur der Sache nach lassen derartige Beobachtungen keine grosse Genauigkeit zu, denn wegen der grossen Unterschiede in der Helligkeit des durch Luft, und des durch Metall gegangenen Strahles treten die Interferenzstreifen nur matt hervor, und man kann sich um 0,1 des Fransenabstandes bei der Beobachtung der Verschiebung wohl irren. Dazu kommt, dass die Lichtstrahlen, welche in einer verticalen Ebene, senkrecht zur Reflexionsebene der dicken Planparallelgläser des Interferenzapparates polarisiert sind, überhaupt nur schwache Lichtintensität haben. Ebenso werden durch die elliptische Polarisation des von der Metallplatte durchgelassenen Lichtes die senkrecht zur Einfallsebene des Metalls polarisierten Strahlen weniger geschwächt, als die parallel zur Metall-Einfallsebene polarisierten Lichtstrahlen. Im Allgemeinen verdienen also die Beobachtungen an Strahlen, die parallel der Einfallsebene der dicken Planparallelgläser und senkrecht zur Einfalls-ebene der Metallplatte polarisiert sind, wegen der grösseren Helligkeit das grössere Vertrauen und es muss daher um den Einfallswinkel J zu ändern, die Metallplatte um eine horizontale Axe gedreht werden. Jedoch sind auch der Controle halber die Beobachtungen beim Drehen der Metallplatte um eine verticale Axe angestellt worden, sowie für Licht, das senkrecht zur Reflexionsebene der dicken Planparallelgläser polarisiert war.

Die folgende Tabelle giebt die Beobachtungen an einer Platte von blauvioletterem Silber, die angeblich nach dem Foucault'schen Verfahren¹⁾ auf einer planparallelen

1) Le Verrier, *Ann. de l'observatoire impérial tome V*, p. 179.

Glasplatte dargestellt und poliert war. Die Dicke betrug 0^{mm},000122 bis 0^{mm},0001788. Bei senkrechtem Auffall der Strahlen, für $J = 0$, beobachtete ich eine Verschiebung der Interferenzstreifen von $-0,2$ oder $-0,3$ des Abstandes der Interferenzstreifen im Spectrum in der Nähe der Fraunhofer'schen Linie *F*. Das negative Zeichen der Verschiebung zeigt, dass $n < 1$ war. Die erste Column enthält die Einfallswinkel, die Folgenden die beobachtete Verschiebung in Bruchteilen des Fransenabstandes, je nachdem das Licht parallel (\neq) oder senkrecht (\perp) zur Einfallsebene der durchsichtigen Metallplatte polarisiert war. Für die zweite und dritte Column war diese Einfallsebene horizontal, für die vierte und fünfte vertical. Gleichzeitig ist angegeben, ob das Gesichtsfeld hell oder dunkel erschien.

Metall-Einfallsebene	horizontal		vertical		
	Gesichtsfeld	hell	dunkel	dunkel	hell
J	\neq	\perp	\neq	\perp	
0°		-0,25	-0,25	-0,25	-0,25
20		-0,35	-0,3	-0,3	-0,3
30		-0,3	-0,3	-0,4	-0,3
40		-0,4	-0,27	-0,2	-0,2
50		-0,3	-0,2	-0,2	-0,1
60		-0,2	-0,1	-0,1	-0,1
70			-0,1	-0,1	0

Man sieht daraus, dass im Allgemeinen die Verschiebung für parallel zur Einfallsebene polarisiertes Licht um 0,1 des Fransenabstandes grösser ist, als für Licht, senkrecht zur Einfallsebene polarisiert, oder das in Uebereinstimmung mit meinen Versuchen am Babinet'schen Compensator, die in der Einfallsebene polarisierten Lichtstrahlen den anderen voraus sind. Diese letzteren senkrecht zur Einfallsebene polarisierten Lichtstrahlen erlitten bei $J = 70^\circ$ keine Verschiebung mehr; es würde also nach Gleichung (5)

$\eta = 70^\circ \cos \eta = n = 0,342$ seyn. Dabei ist freilich vorausgesetzt, dass die senkrecht zur Einfallsebene polarisierten Lichtstrahlen keine Aenderung

der Phase beim Durchgange durch die Metallplatte erleiden, was nach anderweitig von mir angestellten Versuchen nicht in aller Strenge richtig zu seyn scheint.

Es würde sich der Brechungsexponent n nun ferner auch berechnen lassen aus der gemessenen Verschiebung A der Interferenzstreifen, wenn die Dicke des Metallblättchens D bekannt ist. Bezeichnet a den Abstand der Interferenzstreifen im Spectrum, λ die Wellenlänge der betreffenden Farbe im Metall, λ' dieselbe in Luft, so ist¹⁾

$$(7) \quad A = a \cdot D \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda'} \right)$$

oder wenn man den Brechungsexponenten des Metalls setzt

$$0.182 = \frac{1}{\lambda} \quad n = \frac{\lambda}{\lambda'}$$

$$0.007 = \frac{1}{\lambda'} \quad (8) \quad A = a \cdot \frac{D}{\lambda} (n - 1)$$

woraus dann folgt

$$(9) \quad n = 1 + \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{A}{a}$$

$\frac{A}{a}$ ist die beobachtete Verschiebung der Interferenzstreifen gemessen in Vielfachen des Abstandes der Fransen. Sie ist positiv, wenn das Licht in dem Metallblättchen mit geringerer, negativ, wenn es im derselben mit grösserer Geschwindigkeit als in Luft sich fortpflanzt.

Ist die Theorie richtig, so muss sich aus den Gleichungen (5) und (9) für n derselbe Werth ergeben.

Die Verschiebung der Interferenzstreifen im Spectrum des angewandten Apparates wurde nun in der Nähe der Fraunhofer'schen Linie F beobachtet, so dass man setzen kann

$$\lambda = 0^{\text{mm}},0005.$$

Die Verschiebung $\frac{A}{a}$ betrug $-0,25$ des Fransenabstandes bei senkrechter Incidenz. An der Stelle, wo die Lichtstrah-

1) Vergl. Neumann, Gesetze der Doppelbrechung des Lichtes in compri-
mirtten Körpern. Abh. der Acad. d. Wissensch. zu Berlin 1841, II
S. 52.

len durch das Silber hindurchgegangen waren, wurde ein Iodkorn ausgelegt, um an dieser Stelle die Dicke des Silbers nach dem von Fizeau¹⁾ angegebenen Verfahren zu bestimmen. Es bildete sich eine Iodsilberschicht, die, wenn man senkrecht auf dieselbe sah, gelb im durchgehenden, rostbraun im reflectirten Licht erschien und von 3 dunklen Ringen umstmt war. Es entspricht dies einer Luftdicke von 0^{mm},001652 bei den Newton'schen Farbenringen. Ist nun ε die Dicke der entsprechenden Luftschicht der Newton'schen Farbenringe, von gleicher Farbe, wie die Iodsilberschicht, ist ferner

$$\text{das Äquivalent des Silbers} \quad Ag = 107,9$$

$$\text{des Iodsilbers} \quad JAg = 234,9$$

$$\text{die Dichtigkeit des Iodsilbers} \quad d_1 = 5,602$$

$$\text{des Silbers} \quad d_2 = 10,55$$

$$\text{der Brechungsexponent des Iodsilbers} \quad n_1 = 2,246$$

so ist die gesuchte Dicke D der Silberschicht, aus der sich das Iodsilber gebildet hatte

$$(10) \quad D = \frac{Ag}{JA_g} \cdot \frac{d_1}{d_2} \cdot \frac{1}{n_1} \varepsilon = 0,1086 \varepsilon$$

oder für diesen speciellen Fall

$$D = 0,1086 \cdot 0^{mm},001652 = 0^{mm},0001788.$$

Setzt man in die Gleichung (9) diese Werthe für λ , D und $\frac{d}{a}$ ein, so ergiebt sich

$$n = 1 + \frac{0,0005}{0,0001788} \cdot (-0,25) = 0,323.$$

Die Uebereinstimmung dieses Werthes mit dem durch die andere Methode gefundenen ist weit gröfser, als die Genauigkeit der Versuche erwarten lässt.

Eine Bestimmung an einer anderen Silberplatte ergab

$$D = 0^{mm},00005985 \quad \frac{d}{a} = -0,05$$

und daraus nach Gleichung (9)

$$n = 0,6.$$

Der Unterschied zwischen beiden Bestimmungen 0,3 und 0,6 kann nicht befremden, da ich schon früher (a. a. O.

1) *Comp. rend.* LII 1, 1861 p. 274.

S. 128), darauf aufmerksam gemacht habe, daß bei demselben Metall noch viel grössere Unterschiede in dem Brechungsexponenten vorkommen, und eine Metallplatte beim blossten Liegen ihren Brechungsexponenten verändert, so daß er selbst grösser als 1 werden kann.

Es mag hier übrigens noch bemerkt werden, daß Eisenlohr¹⁾ aus Jamin's Beobachtungen für die elliptische Polarisation des Lichtes von der Farbe der Fraunhofer-schen Linien *F*, das an einer polirten Silberplatte reflectirt worden war, mit Hülfe der Theorie abgeleitet hat

$$n = 0,4971$$

was zwischen den von mir gefundenen Werthen liegen würde.

Aus den beschriebenen Versuchen folgt also, daß der Brechungsexponent der Metalle von dem Einfallswinkel abhängt, und mit wachsendem Einfallswinkel zunimmt.

V. Ueber die Krystallform des Löwig'schen Desoxalsäureaethyläthers; von Lothar Meyer, Privatdocent in Breslau.

Auf Wunsch des Hrn. Geh. Rath Prof. Löwig habe ich die Krystallform der von demselben entdeckten und als Desoxaläther oder Desoxalsäureäthyläther beschriebenen²⁾ interessanten Verbindung bestimmt.

Die Kenntniß dieser Krystallform erschien um so wünschenswerther, als die genannte Substanz in sehr naher Beziehung steht zur Traubensäure und dadurch zu den op-

1) Pogg. Ann. Bd. 104 S. 375.

2) Abhandl. d. schlesisch. Gesellsch. f. vaterländ. Cultur 1861 Heft 1 und 2; auch: Journ. f. pract. Chemie Bd. 62 und 64.

tisch wie krystallographisch so merkwürdigen verschiedenen Modificationen der Weinsäure.

Wie bereits a. a. O. veröffentlicht, erhielt Löwig den Desoxaläther, als er versuchte, künstlich den Proces nachzuahmen, durch welchen, unter der Einwirkung des Sonnenlichtes, in den Pflanzen aus der Kohlensäure die verschiedenartigen, im Verhältnis zum Kohlenstoff weniger Sauerstoff und außerdem noch Wasserstoff enthaltenden Säuren entstehen, welche durch weitere Reduction, aller Wahrscheinlichkeit nach, später in Zucker, Gummi, Stärke und Cellulose übergehen. Da höchst wahrscheinlich die im Pflauzenreiche so verbreitete Oxalsäure das erste Product in der Reihe dieser stufenweise fortschreitenden Reductionen ist, so konnte zunächst eine Verbindung dieser Säure zum Ausgangspunkte der Versuche genommen werden. Um den störenden Einfluss sehr kräftiger Affinitäten zu vermeiden, wurde eine möglichst indifferente solche Verbindung, der Oxalsäureäthyläther, gewählt.

Dieser, mit seinem etwa gleichen Volume eines 3 bis 4 Proc. Natrium enthaltenden Amalgames, unter Vermeidung jeder erheblichen Temperaturerhöhung, geschüttelt, verwandelt sich durch Abscheidung fester Umsetzungsproducte in eine dickflüssige zähe Masse, aus welcher durch wässerhaltigen Aether die neue Verbindung ausgezogen wird. Die ätherische Lösung wird durch wiederholtes Schütteln mit Wasser von anderen Zersetzungsp producten gereinigt und hinterlässt dann nach dem Verdunsten des Aethers, einen sirupartigen Rückstand, aus welchem sich der Desoxaläther in auffallend grossen, schönen Krystallen abscheidet. Durch Umkristallisation aus Wasser von etwa 50°, in dem er sehr viel leichter löslich ist als in kaltem, kann derselbe sehr leicht vollkommen rein erhalten werden.

Es ist nach Löwig's Untersuchungen wahrscheinlich, daß diese Verbindung nicht unmittelbar durch die Einwirkung des Natriumamalgames, sondern daß zunächst eine Zwischenstufe, und aus dieser erst durch das mit dem Aether hinzugesetzte Wasser der Desoxaläther entsteht.

Dieser Stoff ist ausgezeichnet durch die Leichtigkeit, mit welcher er in grossen, schönen Krystallen erhalten werden kann. Er ist löslich in Wasser ¹⁾, Weingeist und Aether. Er schmilzt nach Löwig's Versuchen bei 85° und erstarrt wieder bei 80° C. Stärker erhitzt, erstarrt er entweder erst nach einiger Zeit oder freiwillig gar nicht mehr. Ebenso krystallisiert die auf dem Wasserbade zum Syrup eingedunstete wässrige Lösung schwierig oder gar nicht ²⁾. Trocken vorsichtig erhitzt, sublimirt die Verbindung unverändert.

Durch Wasser wird dieselbe weder in der Kälte noch in der Hitze verändert. Die Lösung schmeckt rein bitter, reagirt schwach sauer. Sie ist ohne Einwirkung auf die Polarisationsebene des Lichtes. Sie reducirt Silber und Kupfersalze unter denselben Bedingungen wie Frucht- und Traubenzucker. Durch verdünnte starke Mineralsäuren zerfällt die Verbindung bei 100° in Kohlensäure, Weingeist und Traubensäure, durch Alkalien in Weingeist und das Salz einer neuen, von ihrem Entdecker »desoxydierte Oxalsäure« oder »Desoxalsäure« genannte, dreibasische Säure. Die ursprüngliche Verbindung muss daher als Aethyläther dieser Säure betrachtet werden, obwohl sie sich von den Aethern der mit der Desoxalsäure nahe verwandten Pflanzensäuren durch ihre Widerstandsfähigkeit gegen die Einwirkung des Wassers auffallend unterscheidet. Der Desoxaläther scheint durch diese, wie durch einige andere Eigenschaften, eine Uebergangsstufe von den gewöhnlichen zusammengesetzten Aethern zu den Zuckerarten zu bilden.

Seine Zusammensetzung wird dargestellt durch die Formel $(C_2H_5)_3C_2H_3O_8$, die der Desoxalsäure durch $C_3H_6O_8$ ³⁾.

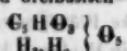
- 1) 10 Theile Wasser lösen bei 16° C. 1 Theil (Löwig).
- 2) Wird aber diese syrupdike Flüssigkeit mit Aether vermischt, so verwandelt sie sich sofort in ein Haufwerk kleiner Krystalle, die nach dem Abdunsten des Aethers fast vollständig trocken zurückbleiben. Durch Umkrystallisiren aus warmem Wasser erweisen sich dieselben als unveränderter Desoxaläther.
- 3) Nach den von Kekulé (Bull. de l'Acad. d. Brux. 2^{me} sér. tom. X No. 7; Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 117) und Wurtz (Ann. chim.

Der Aether ist bis jetzt nicht rückwärts aus der Säure erhalten worden.

Zur Bestimmung der Krystallform benutzte ich ein dem hiesigen Universitätslaboratorium gehöriges, zugleich als Goniometer eingerichtetes Spectrometer mit 6zölligem Kreise aus der rühmlichst bekannten Werkstatt von Dr. Meyerstein in Göttingen. Dies Instrument erlaubt, mittelst seiner Nonien noch die Ablesung von $10''$, und giebt, wenn man durch Repetition oder eine andere geeignete Combination der Beobachtungen den Fehler der Excentricität eliminiert, wenigstens noch einzelne Minuten mit Sicherheit an. Diese Genauigkeit reicht weit hinaus über die Gränzen der im vorliegenden Falle erforderlichen, da verschiedene Krystalle derselben Substanz in den entsprechenden Winkeln außerordentlich grosse Abweichungen zu zeigen pflegen, die unter Umständen bis zu $20'$ und $30'$ betragen können.

Man kann, wie das bereits aus Prof. Löwig's Angaben bekannt ist, außerordentlich leicht, durch Abkühlen der etwa 50° C. warmen, nicht ganz gesättigten Lösung, sehr schöne und grosse Krystalle dieser merkwürdigen Verbindung erhalten; aber es ist außerordentlich schwer, dieselben ohne Verzerrungen und Verschiebungen im Innern darzustellen. Die Flächen sind meistens sehr schön glänzend, geben aber in der Regel vielfache Spiegelbilder. Die etwas grösseren Krystalle pflegen im Inneren trübe zu seyn und zeigen sehr häufig vom Mittelpunkte ausgehende Sprünge, die sich bei einigermassen rascher, wenn auch unerheblicher, Temperaturänderung sehr vergrössern und vermehren. Manchmal

phys. [3] I. 56; Ann. Chems. Pharm. I. Suppl.) in neuerer Zeit für die Sättigungscapacität der Säuren aufgestellten Grundsätzen muss dieselbe typisch als „fünfatomig und dreibasisch“ betrachtet werden:



Nur drei VWaterstoffatome werden leicht durch Metalle vertreten. Doch existirt ein Bleisalz in welchem mehr als drei Atome VWaterstoff durch Metall ersetzt sind; wahrscheinlich wird sich, analog dem von Heintz (diese Ann. Bd. 111) entdeckten sechsfachen Bleisalz der Zuckersäure ein Bleisalz mit 5 Aequivalenten Blei erhalten lassen.

zerspringen dabei die Krystalle mit erheblicher Gewalt, meistens in der Richtung ihrer Spaltbarkeit. Alles dieses deutet darauf hin, dass innere Spannungen bestehen, und die Theilchen sich nicht in stabilen Gleichgewichtslagen befinden, und hieraus erklärt sich die beobachtete Inconstanz der Winkel.

Durch mehrmaliges Umkristallisiren in einem Gefüsse das zur Vermeidung von Erschütterungen auf warmem Wasser schwamm und mit diesem äusserst langsam abkühlte, habe ich zwar Krystalle erhalten, die außerordentlich scharfe einfache Spiegelbilder gaben, durch welche die Winkel bei wiederholten Beobachtungen bis auf einzelne Minuten übereinstimmend gemessen werden konnten; doch ist es mir nicht gelungen, zwischen den entsprechenden Winkeln verschiedener Krystalle eine eben solche Uebereinstimmung zu erzielen.

Von den sehr zahlreich angestellten Beobachtungen habe ich den an kleinen, klaren, ausgezeichnet spiegelnden Krystallen angestellten den Vorzug gegeben vor solchen, die an schlechter und mehrfach spiegelnden oder im Innern trüben Krystallen gemacht wurden.

Die Krystalle sind zwei- und eingliedrig mit einer Neigung der Hauptaxe gegen die eine Nebenaxe von 85° und einigen Minuten.

Fig. 5 Taf. V giebt die Lage der Flächennormalen in Neumann's Kugelprojection. Fig. 6 Taf. V zeigt in den ausgezogenen Linien die Quenstedt'sche Projection der Flächen auf eine der schiefen Endflächen c parallele Ebene und zugleich, in der Neumann'schen Weise, die Orte der Flächennormalen und, punktiert, die Zonenlinien in derselben Ebene. Die Projectionen der Flächen sind mit ungestrichenen, die Orte der zugehörigen Normalen mit den entsprechenden gestrichenen Buchstaben bezeichnet. Fig. 7 Taf. V endlich giebt die perspektivische Ansicht des Krystalles. Die Buchstaben sind überall nach dem Princip gewählt, das Rammelsberg in seinem Handbuch der kystallographischen Chemie befolgt hat.

Die gewöhnlich vorkommende Form ist die Combination eines rhombischen Prisma, p , mit der Abstumpfungsfläche seiner scharfen Seitenkanten, a , der auf letztere Fläche gerade aufgesetzten basischen aischen Endfläche α und dem Flächenpaar q aus der Diagonalzone der letzteren. Seltener erscheint die vordere schiefe Endfläche, r , und noch seltener das vordere Augitpaar $\frac{1}{2}o$. Die Fläche $\frac{1}{2}o$ erscheint, wenn überhaupt, meist hemiedrisch, und zwar habe ich dieselbe öfter rechts als links von der nach oben gekehrten Fläche r beobachtet, nur ein oder zweimal symmetrisch auf beiden Seiten genannter Fläche. Ob mit dem Vorkommen dieser Hemiödrie eine Verschiedenheit des optischen Verhaltens verbunden sey, ob die Lösung dieser hemiedrisch ausgebildeten Krystalle vielleicht doch die Polarisationsebene drehe und nur ihr Gemisch sich indifferent verhalte, habe ich bis jetzt nicht untersuchen können, da dieselben verhältnismässig selten vorkommen. Die Krystalle sind durch Vorherrachen der Fläche c häufig tafelartig in der Richtung der beiden Nebenachsen ausgebildet und bilden alsdann meist annähernd quadratische Tafeln, deren schmale Seitenflächen durch a und q gebildet werden, während p sehr zurücktritt. Die Flächen α zeigen dabei manchmal eine Streifung parallel den vier Kanten wie von Andeutungen einer ganz flachen Pyramide.

Die Krystalle sind deutlich spaltbar parallel der Fläche a . Ein weniger deutlicher Blätterdurchgang scheint der vorderen schiefen Endfläche r parallel zu gehen; wenigstens zeigen sich auch in dieser Richtung manchmal Sprünge in Folge rascher Temperaturänderungen.

Für das Verhältniss der Axen und die Winkel der Kanten wurden durch Messung und Rechnung nachstehende Werthe erhalten:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}o &= \frac{1}{2}a : b : c; \quad p = a : b : \infty c; \quad a = a : \infty b : \infty c; \\ q &= b : c : \infty a; \quad c = c : \infty a : \infty b; \\ r &= c : a : \infty b; \\ a : b : c &= 2,3529 : 1 : 1,8252, \end{aligned}$$

Neigung von c gegen a : $\alpha = 85^\circ 8'$

$p : p$ an $a : b$	$= 46^{\circ} 12'$	beobachtet
$* b$	$= 133^{\circ} 48'$	beobachtet
$p : a$	$= 114^{\circ} 44'$	* $113^{\circ} 6' W.$
$a : r$	$= 130^{\circ} 49'$	
$c : r$	$= 144^{\circ} 12'$	$144^{\circ} 5'$
$c : a$ spitzer W.	$= 85^{\circ} 8'$	
$* W.$	$= 94^{\circ} 52'$	$94^{\circ} 54'$
$c : q$	$= 118^{\circ} 48'$	$118^{\circ} 42'$
$q : q$ an b	$= 122^{\circ} 23'$	$122^{\circ} 22'$
$* c$	$= 57^{\circ} 37'$	
$q : r$	$= 112^{\circ} 57'$	
$p : r$	$= 104^{\circ} 52'$	
$\frac{1}{2}o : r$	$= 133^{\circ} 40'$	$133^{\circ} 52'$
$\frac{1}{2}o : c$	$= 115^{\circ} 21'$	
$\frac{1}{2}o : q$	$= 144^{\circ} 4'$	
$\frac{1}{2}o : a$	$= 128^{\circ} 17'$	
$\frac{1}{2}o : p$	$= 151^{\circ} 12'$	$151^{\circ} 20'$
$p ; q$ über der schärferen Kante $a : c$		
	$= 142^{\circ} 18'$	$142^{\circ} 24'$
über der stumpferen:		
	$= 145^{\circ} 17'$	$145^{\circ} 20'$

Die Temperatur schwankte während der Messungen zwischen 15° und 20° C.

Die mit einem Sternchen * bezeichneten Werthe wurden der Rechnung zu Grunde gelegt. Die mit nebenstehendem W sind Mittelzahlen aus einer Reihe von Beobachtungen, die Hr. Oberbergrath M. Websky die Gefälligkeit hatte mit einem anderen Instrumente anzustellen.

Die Krystalle sind optisch zweiaxig und zwar negativ. Die Ebene der optischen Axen liegt senkrecht gegen die Haupfaxe c , also auch senkrecht gegen den Blätterdurchgang parallel der Fläche $a : b$. Parallel der letzteren geschliffene Platten von weniger als 1^{mm} Dicke zeigen im Nörremberg'schen Polarisationsmikroskop die Lemniscaten. Hr. Oberbergrath Websky bestimmte, wozu mir die Einrichtung fehlte, den scheinbaren Winkel der optischen Axen anzu-

hernd zu 40 bis 50°. Die Mittellinie derselben steht senkrecht auf der Kante $a:c$. Die Dispersion der Farben ist unbedeutend.

Breslau, im November 1863.

VI. Bestimmung der magnetischen Inclination zu Freiburg (im Breisgau) durch inducirete Ströme;
von J. Müller.

Im Laufe des letzten Jahres ließ ich für unser physikalisches Cabinet einen großen Elektromagnet anfertigen. Die beiden Eisenkerne, welche auf einer sie verbindenden $1\frac{1}{2}$ Zoll dicken Eisenplatte aufgeschraubt sind, haben 3 Zoll im Durchmesser und eine Länge von 15 Zoll.

Die Drahtwindungen, welche diese Eisenkerne umgeben, habe ich, um eine möglichst vielseitige Verwendung zu sichern, auf 6 Spulen verteilt, deren 3 auf jeden Eisenkern aufgeschoben werden.

Auf jeder dieser Spulen ist ein mit Wolle übersponnener Kupferdraht von 3^{mm} Durchmesser in 11 Lagen aufgewickelt. Jede Drathlage hat 30, jede Spule also 330 Windungen. Das Gewicht einer jeden Spule beträgt 18 Pfund.

Die Drahtenden jeder Spule sind mit Klemmschrauben versehen, so dass man dieselben in beliebiger Weise verbinden kann.

Diese Spiralen nun habe ich benutzt um die magnetische Inclination nach der Weher'schen Methode durch Messung der Ströme zu ermitteln, welche der horizontale und der verticale Theil des Erdmagnetismus in diesen Spiralen zu induciren im Stande ist, wenn dieselben in geeigneter Weise gedreht werden.

Zu diesem Zweck habe ich zunächst je zwei dieser Spiralen auf einen 3 Zoll dicken massiven Holzylinder auf-

geschoben und dann die drei Holzylinder sammt ihren Spiralen in einem starken hölzernen Rahmen *AB* befestigt, wie aus Fig. 3 Taf. IV Bd. CXIX zu erschen ist.

Die Drahtenden der einzelnen Spiralen sind alsdann so verbunden, dass sie gewissermaßen eine einzige Spirale von 1980 Windungen bilden.

W^h Ist z. B. *a* die Schraubklemme, welche an dem innern Drahtende der Spirale 1 angelöthet ist, so ist alsdann das *äußere Drahtende von 1 mit dem inneren von 2, das äußere von 2 mit dem inneren von 3 usw. verbunden.* Würde also das Drahtende *a* mit dem positiven, das *äußere Drahtende der Spirale 6* mit dem negativen Pole irgend einer galvanischen Batterie verbunden, so würde der Strom nach-einander in gleicher Richtung alle Windungen durchlaufen.

Der Rahmen *AB* ist nun um eine Axe drehbar, welche längeren Kanten parallel durch zwei starke Eisenstäbe gebildet wird, die in der Mitte der schmalen Seiten des Rahmens befestigt sind.

Das eine Ende dieser eisernen Umdrehungsaxe ist mit einem Kurbelarm und Handgriff *H* versehen, während das entgegengesetzte Ende der Axe mit einer Kugel endet, welche in einer halbkugelförmigen Höhlung des Querbalkens *CD* ruht.

Der Rahmen ist nun auf einem starken Gestell von Holz so angebracht, dass man der eben besprochenen Umdrehungsaxe nach Belieben eine horizontale oder eine verticale Lage geben kann. Unsere Figur stellt den Apparat bei *verticaler Stellung der Umdrehungsaxe* dar, bei welcher die *Axen der Spiralen eine horizontale Lage* haben.

Wenn der Rahmen bei *verticaler Stellung der Umdrehungsaxe* um dieselbe gedreht wird, so ist es der *horizontale Theil des Erdmagnetismus*, welcher Ströme in den Spiralen inducirt. Um die Wirkung dieser Ströme zu zeigen und um die Stärke dieser Induction zu messen, wird das freie Ende der Spirale 1 durch Draht *ab* mit dem einen, das freie Drahtende der Spirale 6 durch den Draht *cd* mit

dem andern Ende der Drahtwindungen eines hinlänglich weit entfernten Multiplicators in Verbindung gesetzt.

Als Multiplicator diente bei meinen Versuchen das transportable Magnetometer, welches ich in dem zweiten Bande meines Lehrbuchs der Physik beschrieben habe (5. Aufl. S. 281).

Der Apparat wurde so aufgestellt, dass die Kante *MN* im magnetischen Meridian lag; es liegen alsdann auch die horizontalen Axen der 6 Spiralen im magnetischen Meridian, wenn man dem Rahmen *AB* die in unserer Figur dargestellte Stellung giebt.

Wird von dieser Stellung aus, die Kurbel in der Richtung des Pfeils bewegend, der Rahmen mit den Spiralen um 180° gedreht, so dass die Spiralen 1, 3 und 5, welche jetzt die vorderen sind, die hinteren werden, so wird dadurch der Magnetstab des Magnetometers um einen kleinen Winkel (wir wollen annehmen nach der linken Seite hin) abgelenkt, und diese Ablenkung wird mittelst der bekannten Spiegelvorrichtung durch ein Fernrohr abgelesen.

In dem Augenblick, in welchem der Magnetstab von seiner Excursion zurückkehrend die Gleichgewichtslage wieder passirt, wird der Rahmen mit den Spiralen durch eine rasche Drehung von 180° in entgegengesetzter Richtung wieder in seine ursprüngliche Lage zurückgebracht und dadurch ein Strom inducirt, dessen Richtung der des zuerst inducirten entgegengesetzt ist; dadurch wird eine Ablenkung nach der rechten Seite hervorgebracht, welche grösser ist als die zuerst beobachtete, weil ja der Inductionsstrom jetzt nicht mehr auf den ruhenden, sondern auf den bereits nach der rechten Seite hin sich bewegenden Magnetstab wirkt.

Wenn der Magnetstab von dieser Excursion zurückkehrend wieder die Gleichgewichtslage passirt, werden die Spiralen abermals in der Richtung des Pfeils um 180° gedreht und dadurch eine vergrösserte Ablenkung nach der Linken hervorgebracht usw.

Wenn man eine Zeit lang auf diese Weise fortfährt

jedesmal um 180° zu drehen, wenn der Magnetstab eben die Gleichgewichtslage passirt, so erreichen die Ausschläge bald ein Maximum; von nun an werden die Theilstriche der Scale notirt, welche am Fadenkreuz des Fernrohrs erscheinen, wenn nach der entsprechenden Drehung der Spiralen um 180° der Magnetstab seine Gränzlage auf der einen und auf der anderen Seite erreicht hat.

Eine solche Versuchsreihe gab folgende Resultate:

Ausschlag	
links.	rechts.
409,6	428,5
409,6	428,3
409,7	428,8
409,0	429,0
409,0	429,0
409,0	428,5
im Mittel 409,3	428,5

Im Mittel oscillirt also der Magnetstab zwischen den Theilstrichen 409,3 und 428,5.

Der Ausschlagsbogen $428,5 - 409,3 = 19,2$ ist der horizontalen Intensität des Erdmagnetismus proportional und kann als Maas derselben dienen.

Um in ähnlicher Weise ein Maas für den *verticalen Theil des Erdmagnetismus* zu erhalten, wurde die Umdrehungsaxe des Rahmens *AB* horizontal gelegt, indem der Theil der Axe, an welchem die Kurbel *H* befestigt ist, aus dem horizontalen Balken *GL* herausgenommen und in eine halbkreisförmige Rinne in dem Querbalken *EF* hineingelegt wurde.

Bei dieser Lage der Umdrehungsaxe wird nun der Rahmen zunächst so gestellt, dass die Axen der Spiralen *vertical* stehen. Von dieser Lage ausgehend wird dann die Axe mit dem Rahmen nach einer Seite um 180° hin und im entsprechenden Moment wieder um 180° zurückgedreht.

In dieser Weise fortlaufend wird die Beobachtung ganz in derselben Weise ausgeführt, wie wir sie oben kennen

lernten. Die Gränzlagen, zwischen welchen in diesem Fall der Magnetstab des Multiplicators schwankte, waren	links.	rechts.
397,2	438,5	
307,3	438,2	
397,1	438,0	
396,8	438,0	
397,0	438,2	
397,2	438,2	
Mittel 397,1	438,2	

woraus sich im Mittel ein Ausschlag von 41,1^{mm} ergiebt, welcher ein Maafs ist für den verticalen Theil des Erdmagnetismus.

Nun aber ist die trigonometrische Tangente der Inclination gleich dem Quotienten, welchen man erhält, wenn man die verticale Intensität des Erdmagnetismus durch die horizontale Intensität dividiert, es ist also

$$\text{tang } i = \frac{41,1}{19,2} = 2,1406$$

also $i = 64^\circ 57,6'$

Vergleichen wir dieses Resultat mit Lamont's Messungen (Magnetische Karten von Deutschland und Bayern, München 1854)!

Nach Lamont's Bestimmungen ist die Inclination in Freiburg um 28,9' grösser als in München. Im Jahre 1852 betrug die Inclination zu München $64^\circ 54'$ also die Inclination zu Freiburg $65^\circ 22,9'$.

Nach Lamont's Bestimmungen beträgt aber gegenwärtig die Abnahme der Inclination in 10 Jahren 25', in 11 Jahren also 27,5', wonach sich für 1863 die Inclination von Freiburg gleich

$$64^\circ 55,4'$$

ergiebt, was von meinem Resultat nur um 2,2 Minuten abweicht.

(Freiburg im März 1863).

VII. Notiz über eine einfache Vorrichtung zur Bestimmung der magnetischen Declination;
von Dr. Mauritius,

Gymnasial-Lehrer in Coburg.

Vor einem Jahre etwa legte ich Hr. Geh. Hofrat Dr. Gering in Marburg, dessen Assistent ich damals war, einen Plan zur Bestimmung der magnetischen Declination vor. Leider gelangte ich wegen Abreise von dort nicht mehr zur Ausführung desselben.

Ich erlaube mir ihn mit wenigen Worten hier anzudeuten, weil vielleicht Jemandem damit gedient ist einen Theodoliten mit einem Aufwand von wenigen Thalern in eine zur Declinationsbestimmung ausreichendes Messinstrument zu verwandeln.

Man denke sich an die beiden Stützen des Theodoliten zwei V-förmige Messingstreifen mit der Spitze nach unten angeschraubt, so dass die Ebene der VV mit dem Rohr parallel ist. Die Verbindungsliue von je zwei der oberen Enden ist parallel der Fernrohraxe und es lässt sich einrichten, dass eine davon gerade über dem Objectiv des horizontal gestellten Rohres in einiger Entfernung davon wegeht. Wird diese Linie durch einen festen Draht gebildet (welcher also in zwei gegenüberliegende Enden der VV eingelegt ist), so kann man an demselben eine Röhre aufhängen, die am unteren Ende ein Kästchen trägt. Dieses soll gerade vor dem Objectiv hängen und in ihm soll hinter einem Fensterchen der kleine Magnet mit dem Spiegel schweben. Der Coonsfaden geht durch die Röhre. Der Spiegel ist durch ein Stückchen planparalleles Glas gebildet was auf beiden Seiten versilbert und mit dem Magnet fest verbunden ist. Man kann dies System mit Hülfe zweier oben und unten befindlicher Hükchen in zwei Lage aufhängen. Das Ocular des Fernrohrs muss die Beleuchtung der Fäden erlauben. Es geht mit Hülfe eines

mit Wachs schief vorgeklebten Deckgläschens, wie es Kowalski zuerst anwandte, doch ist nach allgemeiner Erfahrung die Anwendung von Prismen zur Beleuchtung bequemer.

Blickt man in das Fernrohr, so wird man neben den Fäden ein Bild derselben schweben sehen, wenn die Collimationslinie normal zur Ebene des Spiegels ist. Man kann diese Lage durch Drehen des Limbus herbeiführen. Wäre nun die Fläche des Spiegels parallel der magnetischen Axe, so würde die Collimationslinie auf einen Punkt des Horizonts weisen, welcher um 90° vom magnetischen Nordpunkt abliege. Man könnte das Azimut desselben also an irgend einem terrestrischen Objecte mit bekanntem Azimut ermitteln.

Die Ebene des Spiegels macht aber im Allgemeinen einen gewissen Winkel mit der magnetischen Axe. Man hängt daher den Magnet verkehrt auf, schlägt das Rohr durch, hängt die Röhre in die andern Enden der VV ein und stellt jetzt die Collimationslinie normal zur zweiten reflektirenden Fläche des planparallelen Glases. Die Linie, welche den Winkel zwischen den beiden erhaltenen Richtungen der Collimationslinie halbiert, weist auf den magnetischen Nordpunkt, und man findet zugleich das Zweifache des Winkels, welche die magnetische Axe mit der SpiegelEbene macht.

Es würde über die Gränzen einer Notiz hinausgehen, wenn ich ausführlicher die zahlreichen Combinationen besprechen wollte, welche sich zur Bestimmung der Ungenauigkeitconstanten des Apparats in den Beobachtungen geben finden. Eine kurze Ueberlegung wird lehren, dass auch der Einfluss der stählernen Axenenden des Rohrs, selbst wenn sie anachnlich magnetisch wären, einerseits sich eliminiert, anderseits der Grösse nach bestimmt werden kann. Für den Gebrauch wäre es gut, die Stützen nicht zu schwach zu wählen. Dem Kästchen würde ich als Boden einen herausziehbaren Schieber geben und die Röhre zum Zusammenschieben einrichten. Dann könnte man den frei her-

aushängenden Magnet leicht bebandeln. Auch dürften sich kleine Druckklemmen aus Bequemlichkeitsrücksichten besser empfehlen als Häkchen. Zum Beruhigen würde sich mit grossem Vortheil die kürzlich in diesen Annalen von mir beschriebene Beruhigungsmethode anwenden lassen.

Ein auf die angegebene Weise armirter Theodolith unterscheidet sich also von dem Lamont's dadurch, dass der Magnet excentrisch angebracht ist, was durch den Parallelismus der magnetischen Meridiane für zwei wenig von einander entfernte Punkte möglich gemacht ist.

VIII. Ueber zwei neue Meteoritenfälle; von G. Rose.

(Aus d. Monatsberichten d. K. Acad. 1863, October.)

In der Gesammtitzung von 22. October d. J. berichtete G. Rose nach Mittheilungen, die ihm Hr. Prof. Grewingk in Dörpat gemacht hatte, über zwei neue Meteoritenfälle.

Der erste derselben ereignete sich am 2. Juni d. J. Morgens 7 Uhr auf dem Gute Buschhof bei Jacobstadt in Kurland. Der Meteorit fiel bei gauz wolkenlosem Himmel und völliger Windstille mit starkem Brausen und heftigem Knall; nach Angabe der in der Nähe befindlichen Hirtenknaben ging er ihnen in schräger Richtung von NW. nach SO. über die Köpfe, und schlug in die Erde etwa $1\frac{1}{2}$ Fuss tief ein. Der Stein, 12½ Pfund Russ. an Gewicht, befindet sich jetzt im Besitz des Hrn. v. Kieter, Präsidenten des baltischen Domänenhofs, der einen Theil davon dem mineralogischen Cabinet der Universität Dorpat als Geschenk überlassen will. Nach Prof. Grewingk hat er in seiner Beschaffenheit grosse Aehnlichkeit mit dem 1855 auf der Insel Osel gefallenen Meteorstein, gehört also nach

der von dem Verfasser vorgeschlagenen Eintheilung der Meteorite zu der großen Abtheilung der Chondrite und zwar zu den weissen undeutlich krystallinischen. Der zweite Fall ist noch interessanter und grossartiger. Er ereignete sich am 8. Aug. d. J. Mittägs 12½ Uhr beim Pastorat Pilliifer im Fellin'schen Kreise Nord-Livländs an folgenden acht in einer Richtung von ungefähr NNW. nach SSO. auf einander folgenden Punkten, deren äusserste in gerader Richtung 11 bis 12 Werst von einander entfernt sind: Kurla-Krug, Heuschlag des Ankoma-Gesindes, Badstube Pöllenikko, Gesinde Takki, Hofseld des Gutes Wolmarshof (2 Steine), Dorf Unnakfer. Die beiden erstgenannten Punkte gehören zum Gute Cabbal, die übrigen zu Wolmarshof. Drei der gefallenen Steine sind bisher gefunden, der Ankoma-Stein, der Kurla-Stein und der Wahhe-Stein; man hat aber Hoffnung noch mehrere zu finden. Der Fall ereignete sich bei unfreundlichem Wetter, NNW.-Wind und einer Temperatur von 8° bis 10° R.; ebenfalls mit einer Detonation, die mehr oder weniger stark in einem Umkreise von ungefähr 17 Werst im Halbmesser gehört würde; eine Feuererscheinung wurde wie bei dem vorigen nicht wahrgenommen.

1. Der Ankoma-Stein machte ein Loch in dem Boden das unter einem Winkel von ungefähr 75° von NW. nach SÖ. gerichtet war und 14" schwarze Moorerde, 5" graublauen Lehm und 8" mit Lehm verbundenes Kalkgerölle durchsank. In der letzten Schicht steckte der Stein mit der Spitze voran so fest, dass er nur mit einem Brecheisen herauszuholen war. Er hat im Allgemeinen die Gestalt einer sechsseitigen Pyramide, deren Höhe 6" und deren Basis im Minimum 8¾" misst. Die schwarze Rinde ist matt rauh und dünn. Das Gewicht des Steins beträgt gegenwärtig 28,77 Pfd., doch mag er ursprünglich 30 Pfd. gewogen haben; sein specifisches Gwicht = 3,663. Der Stein befindet sich jetzt im Besitz des Gutsherrn, Baron Richard Vietinghoff, der ihn behufs der Untersuchung nach Dorpat geschickt hat.

2. Der Kurla-Stein war mit Geräusch in einen Schweinestall gefallen; die Bewohner des Kruges bemerkten dabei eine über dem Dache des Stalles aufsteigende Staubwolke, erwarteten in der Meinung der Blitz habe eingeschlagen, das Ausbrechen von Feuer, beruhigten sich aber, da weiter nichts erfolgte damit, dass es ein kalter Schlag gewesen sey. Beim Oeffnen des Schweinestalls stürzten die Bewohner desselben angstvoll heraus. Diese Vorgänge wurden am Abend desselben Tages im Pastorat Pillatser, wo man die Detonationen ebenfalls vernommen hatte, bekannt, und veranlassten den Quintaner August Mickwitz Besitzer einer Mineraliensammlung und fleissigen Besucher der Universitätssammlung, einen Meteorsteinsfall vorauszusetzen und nach dem Stein zu suchen. Mit einem Licht in der Hand wurde der finstere, unsaubere Schweinestall durchmustert, und in dem Unrat der Stein richtig gefunden. Nach der Lokaluntersuchung war der Stein an der Hinterseite des Gebäudes in den untern, ein Paar Fuss über der Mauer gelegenen Theil des Daches gedrungen, hatte 1½ Dachziegel mitgenommen, vom Sparrenholz ein Stück fortgerissen, eine Latte (Querholz zum Auflegen der Ziegelnase) auf ein Fuss Länge zertrümmert und war dann durch das ziemlich starke Bretterdach des Schweinestalls in denselben eingedrungen. Die Gestalt des Steines ist ungefähr die einer vierseitigen sich sehr allmälich verjüngenden nach oben sich etwas krümmenden Pyramide mit quadratischer Grundfläche. Seine Höhe beträgt 8½" die Seiten der Grundfläche sind 4 bis 5" lang, die Flächen ziemlich eben, die Rinde wie beim vorigen. Er wiegt 16,79 Pfund und hat ein spec. Gew. = 3,620. Er soll dem mineralogischen Cabinet der Universität vermacht werden.

3. Der Wahhe-Stein wurde am 19. Aug. von einer Bapersfrau dem Pastor E. Mickwitz zugestellt, von diesem dem Kurator der Universität, Graf Keyserling überreicht und dann dem mineralogischen Cabinet der Universität einverlebt. Er war auf ein ziemlich hochgelegenes Brachfeld des Wolmarshof'schen Gesindes Wahhe gefallen, und durch-

drang dabei 9" bräunliche Ackerkrume und 2" festes Kalkgerölle. Im letztern lag er mit dem spitzen Ende nach oben, und hatte nach unten das Kalkgeröll zertrümmert. Seine Gestalt ist mehr plattenförmig; seine größte Fläche bildet ein unregelmäßiges Fünfeck, dessen größte Breite 4" beträgt. Die sonst schwarze matte Rinde ist hier glänzend und irisirend. Man bemerkt an der größten Fläche wie einer kleinern, starke Eindrücke oder gegen $\frac{1}{4}$ " tiefe Löcher. Der Stein wiegt jetzt 3,626 Pfund, mag aber bei seiner Ankunft 4 Pfund betragen haben; sein spec. Gew. = 3,565.

Zwölf Meilen weiter südlich von dem südlichsten Punkte, dem Dorfe Unnakfer, wo die angeführten Meteorsteine gefallen sind, hat man ebenfalls an dem 8. Aug. Mittags 1 Uhr beim Schlosse Ermes noch zwei Meteoriten bemerkt. Der Besitzer des Gutes Ermes, Eduard v. Walter und dessen Bruder Hermann, beobachteten nämlich, wie zwei Meteorite ohne Geräusch in den Awoting-Moor fielen, der 6. Werst vom Hofe belegen ist. Diese Nachricht traf in Dorpat ein, bevor dasselbst der Pillistfer'sche Fall bekannt geworden war. Genauere Mittheilungen sind noch nicht eingegangen.

Die drei Pillistfer'schen Steine passen nicht aneinander sie unterscheiden sich etwas im specificischen Gewichte und in der Beschaffenheit der Rinde. Ersteres wäre bei einem Gemenge ungleichartiger Theile nicht auffallend, wohl aber letzteres, was daher wohl noch der genaueren Untersuchung bedürfen möchte. Prof. Grewingk hat dem Verfasser eine kleine Probe von einem dieser Steine geschickt mit der Bitte ihn mit anderen Meteoriten zu vergleichen, und seine Stellung im System zu bestimmen, wozu die Dorpater Meteoritensammlung nicht hinreicht. Letzterer fand ihn soweit man nach der kleinen überschickten Probe urtheilen könnte, den Meteorsteinen von Erxleben und Klein-Wenden so ähnlich, daß er von ihnen nicht zu unterscheiden seyn möchte. Er gehört also auch zu den Chondriten, aber zu der ersten Abtheilung derselben. Die Pro-

Kalk-
nach
nnert.
Fläche
Breite
glän-
Fläche
tiefe
er bei
Gew.
punkte,
ne ge-
1 Uhr
Der
d des-
e zwei
n, der
t traf
ll be-
noch
ander
te und
einem
ll aber
nchung
rfasser
kt mit
h, und
Dorpa-
nd ihn
urthei-
Klein-
rschei-
ondri-
e Pro-

fessoren Grewingk und Schmidt sind nun mit einer näheren Untersuchung dieser Meteoriten beschäftigt.

IX. Ein Hand- und Reisespectroskop; von Dr. R. Th. Simler¹).

Docent der Chemie in Bern.

(Besprochen und vorgewiesen in den Sitzungen der naturforschenden Gesellschaft in Bern vom 7. Februar und 14. März 1863).

Seit die Chemie dem bewunderungswürdigen, praktischen Scharblicke der Forscher Kirchhoff und Bunsen in Heidelberg eine ganz neue Richtung qualitativer Untersuchung — die genannte *Spectralanalyse* — verdankt, sind auch die dazu erforderlichen optischen Apparate, die *Spectroskope*, rasch der Vervollkommnung und zum Theil der Vereinfachung entgegen gegangen. Kirchhoff und Bunsen haben zunächst selbst ihrem ursprünglichen Apparate eine neue handlichere Gestalt gegeben und es nicht nur ermöglicht, die hellen und dunklen Linien der verschiedenen Spectren mit Hülfe einer Scale hinsichtlich ihrer gegenseitigen Abstände zu prüfen, sondern auch gleichzeitig zwei verschiedene Lichtquellen durch Superposition ihrer Spectren zu vergleichen. Der Apparat hat in der berühmten optischen Werkstatt von Steinheil in München eine Gestalt erhalten, die, was Eleganz und Vollkommenheit betrifft, nicht viel zu wünschen übrig lässt; der Preis dagegen ist, wie begreiflich, ein solcher, dass der einzelne Laborant sich dessen Anschaffung meist versagen muss. Auch ist er nicht geeignet, viel herumgetragen zu werden, sondern hat mehr die Bedeutung eines stationären Instrumentes für chemische und physikalische Laboratorien.

1) Aus den Berner Mittheilungen No. 528 S. 62 vom Hrn. Verf. über-
sandt. P.

Katum drang die Nachricht von der Spectralanalyse nach Paris, als auch die Pariser optischen Werkstätten sich mit der Construction von Spectralapparaten befassten. Das physiologische Institut ber Universität Bern besitzt einen solchen von Ruhmkorff, der gewissermassen eine vereinfachte Miniaturausgabe des Kirchhoff - Bunsen'schen darstellt¹).

Während aber alle bisherigen Instrumente das Gemeinsame hatten, Standinginstrumente zu seyn, die eine Beobachtung nur in horizontaler Richtung gestatteten, war es Professor Mousson in Zürich vorbehalten, dem Spectralapparat eine Form zu geben, welche ihm den grossen Vortheil der leichten Tragbarkeit und Verwendung nach allen Richtungen des Raumes sicherte²). Er nannte ihn einfach «Spectroskop». Dieses Spectroskop bestand aus einem Messingrohr von 12 Zoll Länge, an dessen einem Ende die Spalte, am andern das Flintprisma sich befand. Um das Instrument noch portativer zu machen, schlug Mousson vor, die Röhre nach Art der Perspective zusammenschiebbar zu fertigen, welcher Vorschlag auch alsbald von den Mechanikern Herrmann und Studer in Bern ausgeführt wurde.

Da alle Complicationen durch Scalen und Fernröhren wegfielen, so konnte das Instrument zu dem civilen Preise von 40 Fr. gefertigt werden; das Haupthinderniss einer Polarisation der Spectraluntersuchungen, der hohe Preis der Instrumente nämlich, war somit beseitigt. Das Mousson'sche Spectroskop zeigt die stärkern der Fraunhofer'schen Linien deutlich und reicht daher für die gewöhnlichen qualitativen Untersuchungen im Laboratorium vollkommen aus. Mit Hülfe einer Baumschraube lässt es sich an jedem Holzstativ festmachen, und kann alsdann nach jeder Lichtquelle gerichtet werden.

Da ein Flintprisma, wenn es nicht ganz vorzüglicher

1) Siehe Abbildung in Valentin: *Der Gebrauch des Spectroskopos* S. 18

2) Mousson, *Résumé de nos connaissances sur le spectre. Archive des sciences de la bibliothèque universelle. Genève Mars 1861.*

Qualität ist, immerhin ein nur schmales Spectrum erzeugt, und die Zerstreuung bei jeder andern Flintglassorte wieder eine andere wird, so hat man es auch wohl durch ein Hohlprisma, das mit Schwefelkohlenstoff gefüllt ist, ersetzt, oder ein zweites zerstreuendes Prisma zugefügt; man hat schliesslich auch noch, wie bei dem Kirchhoff-Bunsen'schen Apparate, eine Scale zur Verification der hellen Linien seitlich neben dem Prisma angebracht, deren Bild als dann durch Reflexion an der dem Auge zugekehrten Prismenfläche gleichzeitig mit dem Spectrum gesehen wird.

Diese Zuthaten haben das Spectroskop allerdings etwas vervollkommenet, aber dessen Preis auch wieder dermassen erhöht, dass er mir mit den vermehrten Leistungen dennoch nicht in richtiger Proportion zu stehen scheint. Zugleich machen mehrere Prismen und eine Scalenvorrichtung einen grösseren Kasten am Ocularende der Röhre nothwendig, wodurch das Instrument viel von seiner Handlichkeit verliert.

Ein solches Spectroskop mit zwei Flintprismen, dem hiegen physikalischen Cabinet angehörend, habe ich vielfach gebraucht, unter Anderem zu meinen Untersuchungen über Absorption und Fluorescenzerscheinungen beim Chlorophyll und ich hatte in Folge dessen Gelegenheit, einen wesentlichen Mangel aller bisherigen Spectroskope lebhaft zu empfinden.

Dieser Mangel besteht in der Schwierigkeit des *Einvisirens der Lichtquelle*. Da die Spalte oft kaum $\frac{1}{3}$ Millimeter weit geöffnet ist und man unter einem zur optischen Axe des Instrumentes spitzen Winkel in die Ocularöffnung sieht, der Lichtquelle also förmlich den Rücken kehrt, so ist diese Schwierigkeit des Einvisirens leicht begreiflich, namentlich wenn das Rohr nicht an ein Stativ festgeschraubt ist, sondern von der Hand getragen wird.

An allermeisten empfand ich diesen Uebelstand, wenn ich das elektrische Licht Geissler'scher Röhren, oder die Fluorescenzkegel verschiedener Substanzen spectroskopisch betrachten wollte.

Nichts war mir daher näher liegend als die Frage: *Sollte sich das Spectrum nicht in die Axe des Instrumentes zurückbringen lassen, so, dass es gerade über die Spalte projicirt wird und auf diese Art Auge, Spalte und Lichtquelle in ein und derselben Geraden sich befinden?*

Diese Frage konnte nicht gestellt werden, ohne die Antwort augenblicklich in doppelter Weise zu erhalten.

Die Optik bietet uns nämlich zwei Mittel dar, die praktisch verwendbar sind, um einen Lichtstrahl von seiner Bahn abzulenken: 1) das Princip der *Reflexion* oder Spiegelung, 2) das Princip der *Refraction* oder Brechung. Das erstere ist offenbar das einfachere; die Anwendung des letzteren ist nichts anderes als die umgekehrte Aufgabe der Achromasie; ein zerstreutes Lichtbündel soll ohne Aufhebung der Zerstreuung in die ursprüngliche Richtung des unzerstreuten Lichtstrahles abgelenkt werden.

Es ist klar, dass diese Aufgabe nur mit Hülfe *achromatischer Prismen* gelöst werden kann, da ein *volkommen achromatisches Prisma* bekanntlich eine Ablenkung ohne Zerstreuung bewerkstelligt. Damit nun diese zweite Ablenkung für eine bestimmte Farbe genau dieselbe Winkelgröße habe wie die erste durch das zerstreuende Prisma hervorgebrachte, ist es nöthig, die Brechungsverhältnisse der anzuwendenden Gläser oder Flüssigkeiten experimentell und die brechenden Winkel durch Rechnung zu bestimmen. Es ist nicht unmöglich, dass durch eine geschickte Auswahl der brechenden Medien sich der Hauptzweck durch ein einziges achromatisches Prisma erreichen lässt, sonst wird man wohl mindestens zweier bedürfen.

Da das physikalische Cabinet der Universität keine achromatischen Prismen besaß, so verzichtete ich einstweilen auf die Anwendung des Princips der *Refraction*, machte dagegen den Versuch mit Hülfe eines rechtwinkligen Reflexionsprismas das Spectrum in die Einfallsrichtung zurückzuführen. Dieser Versuch gelang, wie nicht anders zu erwarten vollständig; auch mit einem gewöhnlichen Silber oder Stahlspiegel erreichte man seinen Zweck, dagegen keineswegs

befriedigend, aus leicht zu errathenden Gründen, mit einem belegten Glasspiegel.

Die beiden associrten jüngeren Mechaniker: Hr. Herrmann und Hr. Studer in Bern — ebenso sehr durch ihre Strebsamkeit als durch ihre bereits mehrfach bewiesene Genauigkeit und Geschicklichkeit in Construction mathematischer und physikalischer Instrumente, insbesondere auch der Spectroskope, vortheilhaft bekannt — haben die Güte gehabt, meine Idee sofort zu verwirklichen. Ihrem Eifer habe ich es zu verdanken, dass ich der naturforschenden Gesellschaft schon am 7. Februar ein *Hand- und Reisespectroskop* vorweisen konnte, das bezügs Bequemlichkeit und Tragbarkeit nichts mehr zu wünschen übrig ließ und dessen Preis — 40 Fr. — seiner allgemeinen Verbreitung kein Hinderniss seyn kann.

In seiner äussern Form gleicht es einem kleinen Handperspektive mit einem Auszuge.

Die inwendig geschwärzte messingene Röhre, in der das Zerstreuungs- und Reflexionsprisma — auf einer metallenen Tablette drehbar — sich befinden misst 2,5 Cm. im Lichten und 12 Cm. in der Länge; der Auszug, der vorn die verschiebbare Spalte trägt, ist noch weitere 10 Cm. lang, so dass das Rohr auf 22 Cm. oder 17½ Zoll ausgezogen und auf weniger als 5 Zoll zusammengestossen werden kann. Fig. 11 und 12 Taf. II nach einer Photographie auf $\frac{1}{2}$ d. nat. Grösse reducirt giebt eine perspectivische Ansicht des Instrumentes

Die Prismen können mit einem Uhrschlüssel richtig eingestellt werden, es ragen somit an der cylindrischen Röhre keine Stellschrauben vor, was für die Hand und die Tasche sehr unbequem wäre. Am Prismenende ist die Röhre durch einen abuehbaren Deckel, in den die kreisrunde Ocularöffnung eingeschnitten ist, geschlossen.

Der Hauptvortheil dieses Spectroskopes, das ich wohl nicht unpassend *Handspectroskop* genannt habe, besteht nun aber darin, dass mit denselben unmittelbar, wie mit einem Fernrohr, nach der Lichtquelle (Flamme, elektrischer Funke,

Gestirn) visirt werden kann und man auch sofort das Spectrum derselben in einer für den Zweck der gewöhnlichen opto-chemischen Analyse hinreichenden Detaillirtheit erblickt. Die gewöhnlich verzeichneten 12 Fraunhoferschen Linien sind selbst im trüben Tageslicht leicht erkennbar, mit Ausnahme der beiden H; nach der Sonnenscheibe gewendet treten aber auch diese nebst K sehr scharf heraus, und alsdann werden auch noch viele feinere im Grün und Blau beobachtet. Die äussersten Linien im Roth erscheinen namentlich sehr scharf bei Betrachtung der untergehenden Sonnenscheibe.

Betrachtet man gefärbte Flammen, so erkennt man, je nach der Intensität, auf 5 bis 10 Schritte Entfernung die von Bunsen und Kirehoff abgebildeten Spectren der Metalle.

Um auch optische Abscrptionsuntersuchungen farbiger Gläser, pflanzlicher oder thierischer Gewebe bequem anstellen zu können, ließ ich vor der Spalte zwei Messingklammern, ähnlich wie man sie an den Objectiven der Mikroskope sieht, anbringen. Für Flüssigkeiten ist ein besonderer Halter bestimmt, in den ein parallelepipedisches Glaskästchen gestellt wird, so dass dieses mit seiner schmalen Seite die Spalte verdeckt. Der Halter aber wird vom Spectroskop selbst getragen.

Die HH. Herrmann und Studer besitzen ausgezeichnete Flintprismen, deren Zerstreuung derjenigen des Schwefelkohlenstoffs wenig nachgibt.

Es ist nun begreiflich, dass durch Vorsetzung eines zweiten Flintprisma's und eines zweiten Crownprisma's (zur Correction der Ablenkung) man ohne weitere Aenderung ein doppelt so ausgedehntes Spectrum erhalten wird; in der That ist die Zahl der sichtbaren Fraunhofer'schen Linien alsdann bedeutend gröfser und die gewöhnlichen stehen erheblich weiter auseinander.

Eine solche Verbesserung führt aber dreierlei Nachtheile mit sich:

- 1) erhöht sich der Preis des Instrumentes mindestens um die Hälfte bis zwei Drittel,
- 2) wird es um mindestens 4 Cm. länger
- 3) um ein Erhebliches schwerer,

und aus den beiden letzten Gründen weniger tragbar.

Wen diese drei Punkte nicht stören, der kann von den obengenannten Mechanikern auch Handspectroskope mit 4 Prismen beziehen.

Dass das Handspectroskop einer Scale entbehrt, erachte ich als keinen Nachtheil für den getübten Spectralanalytiker; sie wäre ein purer Luxus, sobald nur ein Zerstreuungs-prisma da ist, und übrigens hat man in der Superposition der Spectren schon lange ein Mittel, hinreichend genau, etwaige neue Linien resp. neue Elemente zu erkennen.

Es hat keine Schwierigkeit mit meinem Handspectroskop so entfernte Lichtpunkte, wie sie die Planeten Merkur, Venus, Jupiter und die hellsten der Fixsterne darstellen, anzuvisiren; dagegen habe ich mich überzeugen müssen, dass die Lichtintensität zu gering ist, um dunkle Streifen wahrzunehmen, so sehr ich auch auf den Aspect des Merkur- und Venusspectrums gespannt war; selbst das Spectrum des Vollmondes ließ nur unklar einige der wesentlichsten Fraunhofer'schen Linien erkennen. Für solche Gestirnsbeobachtungen wird es nothwendig, den Spectralapparat am Ocularende eines Aequatorialinstrumentes anzu-bringen.

Von Interesse wird es auch noch seyn, mit einem solchen Handspectroskope die Erscheinung eines *Nordlichtes* in seiner intensivsten Ausbildung zu betrachten; es lässt sich alsdann die von mir ausgesprochene Ansicht verificieren: Das Nordlicht sey gewissermassen ein vielfaches und gemischtes Spectrum der electrisch erglühenden Gasarten der Atmosphäre und die intensive Purpurröthe möchte nichts Anderem als dem erglühenden Wasserstoffgase zu verdanken seyn. Vergleiche »Bund 1862, No. 352 — zur Nordlichterscheinung.«

Nachtrag. Radau machte uns im 3. Heft 1863 dieser Annalen mit der Theorie eines Spectroskop »à vision direct« bekannt und ich hatte selbst Gelegenheit in letzter Zeit ein solches von Hoffmann in Paris gefertigtes Spectroskop zu sehen und zu prüfen. Es beruht auf dem Prinzip der partiellen Achromatisirung, d. h. durch die Crown-prismen werden die Spectren der Flintprismen jedes verkürzt, aber nicht annullirt, hingegen wieder in die Richtung des einfallenden Strahles zurückgebracht. Es versteht sich von selbst, dass ich zur Zeit, wo ich auf den Einfall kam, ein Spectroskop mit directer Visirung zu construiren, von der Amici'schen Prismencombination noch nichts wusste.

X. Ueber die relative Stellung der unzerlegten Körper; von P. Kremers.

Die Zusammenstellung der bisher noch unzerlegten Körper in einem Körpernetze ist unstreitig diejenige, welche die so mannigfachen Beziehungen der einzelnen Atome¹⁾ zu einander am deutlichsten darstellen vermag.

Das Atom H kann z. B. der Ebene

Li	Na	K
Mg	Zn	Cd
Ca	Sr	Ba

nicht füglich angehören, denn wenn auch das relative Gewicht dieses Atoms derart ist, dass es in der Linie Ca Mg Li

1) Das Wort *Atom* bedeutet hier und im Folgenden nicht *unzerlegbar* sondern *unzerlegt*.

neben letzterem stehen könnte, so sprechen doch dagegen zahlreiche andere physikalische Eigenschaften und wird es genügen, von diesen hier nur die so abnorme Lage seines Schmelzpunktes zu erwähnen.

Aus denselben Gründen kann auch das Atom O einer Ebene

Wo	Va	Mo
Te	Se	S

in welcher, der vorerwähnten Ebene entsprechend, die beiden Linien Wo Va Mo und Te Se S Parallelen bilden, nicht füglich angehören, wohl aber einer Linie O S Cr, welche auf dieser Ebene senkrecht steht und selbige in S schneidet.

Mehr noch als einzelne Atome sprechen ganze Atomgruppen dafür, dass nur ein Körernetz eine vollständig genügende Zusammenstellung der Atome gestattet und kann in dieser Hinsicht die sogenannte Magnesiagruppe erwähnt werden, welche unstreitig einen Uebergang zwischen den beiden vorerwähnten Ebenen vermittelt.

Es folgt daher hiernächst ein Versuch, die Principien festzustellen, nach welchen die relative Lage der Punkte, Linien und Ebenen dieses Körernetzes bestimmt wird.

Zwei Punkte gehören ein und derselben Linie an und liegen in dieser um so näher beisammen, je grösser die Aehnlichkeit der Atome ist, welche sie repräsentiren. Sind zwei Punkte bekannt, welche nach allen bisherigen Erfahrungen in einer Linie nebeneinander liegen, so ist dadurch schon bestimmt, in welchem Sinne die Eigenschaften nach den beiden Richtungen der Linie hin sich ändern. Wird hierauf fufsend noch ein dritter Punkt gefunden, welcher sich an erstere beide unmittelbar anreihet, so ist dadurch schon weiter bestimmt, in welchem Maafse die verschiedenen Eigenschaften der Linie sich ändern. Es zeigt sich nun schon,

daß einzelne Eigenschaften von Punkt zu Punkt um eine annähernd gleiche, andere dagegen um eine mehr oder weniger verschiedene Größe sich ändern. Diejenige Eigenschaft, welche sich von Punkt zu Punkt am wenigsten ändert, eignet sich am besten dazu, einem jeden weiteren Punkte seine Stelle in der Linie anzuweisen. Dieser Bedingung entspricht unstreitig am vollkommensten das relative Gewicht der Atome.

In der nächstfolgenden Tabelle sind diejenigen Linien zusammengestellt, in welchen drei nebeneinanderliegende Punkte schon bekannt sind. Unter der chemischen Bezeichnung der einzelnen Punkte sind die entsprechenden Atomgewichte und darunter deren erste und zweite Differenzen angeführt.

Li	Na	K	V ₀	V _a	Mo
7	23	39,1	92	68,6	48
16	16,1			-28,4	-20,6
	0,1				-2,8
Mg	Zn	Cd	Te	Se	S
12	32,6	56	64	39,7	16
20,6	28,4			-24,8	-28,7
	2,8				-0,6
Ca	Sr	Ba	Sb	As	P
20	43,8	68,6	122	75,2	31
28,8	24,8			-16,8	-14,2
	1				-2,6
Hg	Pb	Ag	J	Br	Cl
100	103,5	108	127	80	35,5
8,5	4,5			-17	-4,5
	1				-2,5

An die vorstehenden Linien läßt sich, wenn auch einstweilen bloß mit einiger Wahrscheinlichkeit, auch noch die Linie anreihen.¹⁾

1) Wenn $\lambda = \frac{Ta + Ti}{2}$ und $m = Nb$ ist, so ist die Modification des

um eine der we-
Eigen-
ten än-
Punkte
dingung
ve Ge-

Linien
iegende
Bezeich-
Atom-
renzen

Mo
48

S
16

P
31

Cl
35,5

einst-
ch die

Ti
25

ion das

Ob nun die vorstehenden zweiten Differenzen constant oder variabel sind, darüber kann ein vierter Punkt der Linien um so mehr entscheiden, je näher derselbe bei den drei bereits bekannten liegt.

Ein Atom, welches allem Anscheine nach einen Punkt in der Linie Sb As P bilden kann, ist das Atom Bi. Die relativen Gewichte dieser vier Atome sind schon öfter bestimmt und wird daher deren Genauigkeit für den vorliegenden Zweck wohl genügen. Wenn in der Linie Sb As P die zweite Differenz constant bliebe, so müßten die Gewichte der beiden an Sb sich unmittelbar anreichenden Atome 223,4 und 171,4 seyn. Das Atomgewicht Bi ist nach den neuesten Bestimmungen 210, also von der nächstliegenden Zahl 223,4 wesentlich verschieden.

Zwei andere Atome, welche allem Anscheine nach Punkte in der Linie Li Na K bilden können, sind die Atome Rb und Cs. Wenn in der Linie Li Na K die zweite Differenz constant bliebe, so würden die den relativen Gewichten dieser beiden Atome (85,4 und 133) zunächst liegenden Zahlen 88 und 137,8 seyn. Diese Zahlen sind indess auch hier wieder, wie in dem vorangehenden Falle, entschieden größer als die Atomgewichte.

Die zweiten Differenzen sind also in beiden Linien nicht constant, sondern vielmehr derart variabel, daß im weiteren Verlauf der beiden Linien die den einzelnen Punkten entsprechenden Atomgewichte ein Maximum erreichen und darüber hinaus wieder abnehmen können. Ein solches Maximum ist übrigens auch notwendig, da die einzelnen Punkte einer Linie, von dem Anfangspunkte mehr und mehr sich entfernd, diesem schließlich nicht mehr chemisch ähnlich, sondern vielmehr entschieden entgegengesetzt erscheinen und es doch unstreitig gerade die leichtesten Atome sind, bei welchen die entschiedensten chemischen Gegensätze beobachtet werden.

mittleren Atomgewichts $\frac{A - m}{h} = -0,041$. Diese Modification unterscheidet sich von der Modification $Zn = +0,041$ (Bd. 100 S. 269) bloß durch das Vorzeichen.

Die einzelnen Linien haben also gleichsam entgegengesetzte Pole.

Obgleich bisher noch keine Linie von Pol zu Pol verfolgt wurde, so scheint doch wenigstens die Linie $Bi \cdot Sb \cdot As \cdot P$,

welche schon mit dem fünften Punkte das höchste der bisher bekannten Atomgewichte erreicht, keine bedeutende Ausdehnung zu besitzen. Während in dieser Linie schon beim fünften Punkte die Gränze der beiden Pole wahrnehmbar wird, ist dagegen in der Linie

$Li \cdot Na \cdot K \dots Rb \dots Cs$ noch der neunte Punkt entschieden positiv.

Die einzelnen Linien haben demnach von Pol zu Pol eine verschiedene Länge.

Von den bisher behandelten Linien, in Folge Linien erster Richtung genannt, lassen sich einzelne in einer Ebene derart nebeneinander legen, daß die dadurch gebildeten und auf den Linien erster Richtung senkrecht stehenden Linien, in Folge Linien zweiter Richtung genannt, ebenfalls den vorentwickelten Bedingungen entsprechen.

Eine in dieser Weise gebildete, bisher noch am vollständigsten bekannte Ebene ist die folgende:

Li	Na	K		Rb			$Cs^1)$
Mg	Zn	Cd					
Ca	Sr	Ba					

1) Wenn $\bar{a} = \frac{Li + K}{2}$ und $m = Na$ ist, so ist die Modification des mittleren Atomgewichts

$\frac{\bar{a} - m}{\bar{a}} = + 0,002$.

Wenn $\bar{a} = \frac{K + Cs}{2}$ und $m = Rb$ ist, so ist die Modification des

mittleren Atomgewichts $\frac{\bar{a} - m}{\bar{a}} = + 0,008$.

Dem grösseren Abstande der Atome entspricht hier auch die grössere Modification (Bd 96, S. 53 Tabelle IV).

Es ist nicht zu erkennen, dass in dieser Ebene der Wechsel der Eigenschaften von Punkt zu Punkt in den Linien erster Richtung weit geringer ist, als in denen zweiter Richtung. Dieser Wechsel der Eigenschaften kann daher in einzelnen Linien zweiter Richtung merklich verschieden seyn. In der Linie Li Mg Ca ist derselbe z. B. weit geringer als in der Linie Na Zn Sr. Solche Linien zweiter Richtung, in welchen der Wechsel der Eigenschaften möglichst gering ist, eignen sich am besten dazu, nicht blos nebeneinanderliegende Linien erster Richtung aufzufinden, sondern selbige auch zu fixiren.

Eine weitere Ebene, in ähnlicher Weise gebildet wie die vorangehende, ist die folgende:

W_o | V_a | M_o | H | S_o | Cr | O | Te | S | S_e

Auch hier sind wieder die Linien erster Richtung von denen zweiter Richtung wesentlich verschieden.

Bisher sind noch keine Ebenen oder Linien bekannt, welche auf eine der beiden vorstehenden Ebenen derart gelegt werden können, dass die dadurch gebildeten und auf diesen Ebenen senkrecht stehenden Linien, in Folge Linien dritter Richtung genannt, ebenfalls den vorentwickelten Bedingungen entsprechen, wohl aber bereits einzelne Punkte. Solche Punkte bilden für die erstere der vorstehenden Ebenen das Atom H und für die letztere die Atome O und Cr.

Welche Stelle solche Punkte zu den Ebenen einnehmen, ist nur annähernd anzugeben, so lange dieselben noch vereinzelt sind. Wenn angenommen wird, dass die Atome H und Li eine Linie dritter Richtung bilden, so lässt sich der Werth dieser Annahme um so mehr beurtheilen, je mehr entweder die Linie dritter Richtung oder die Ebene, welcher der Punkt H angehört, erweitert werden. Wahrschein-

licher als die vorangehende ist daher schon die folgende Annahme, daß nämlich die drei Atome O S Cr eine Linie dritter Richtung bilden. In dieser Linie dritter Richtung ist, dem Vorhergehenden vollkommen entsprechend, der Wechsel der Eigenschaften bedeutender noch als in den Linien zweiter Richtung.

Neben den beiden vorstehenden können hier noch zwei weitere Ebenen

Bi	Sb	As	P	J	Br	Cl
			N	und		Fl

angeführt werden, in welchen die beiden Linien Bi . Sb As P und J Br Cl aller Wahrscheinlichkeit nach Linien erster Richtung sind, wohingegen es indefs vorerst noch unentschieden bleibt, ob die beiden Linien P N und Cl Fl Linien zweiter oder dritter Richtung sind.

Es wird nun zunächst nothwendig seyn, die an den beiden Polen des Körpernetzes aufgefundenen Linien erster, zweiter und dritter Richtung näher kennen und sicher unterscheiden zu lernen, um, auf die hierbei gewonnenen Erfahrungen gestützt, von diesen beiden Polen aus gegen die indifferente und deshalb nicht so leicht zu ordnende Mitte des Körpernetzes vorzudringen.

XI. Ueber den Cölestin in der thüringer Trias; **von E. E. Schmid.**

Cölestin ist in drei verschiedenen Horizonten der thüringischen Trias gefunden worden: im untersten Gliede des untersten Muschelkalkes, den Myophorien- oder Cölestin-Schichten, im obersten Glied desselben, dem Schaumkalk, und in der Lettenkohlengruppe.

1. Cölestin der Cölestin-Schichten; — Faserung — Trichroismus.

Das Vorkommen des Cölestins in den untersten Schichten des unteren Muschelkalks ist am längsten bekannt, am verbreitetsten und reichlichsten. Seine Auffindung bei Dornburg und seine Erkennung durch Lenz fallen noch in die erste Hälfte des zweiten Decenniums dieses Jahrhunderts; seine genaue Analyse durch Stromeyer wurde der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen schon am 18. November 1816 vorgelegt. Bald nach ihrer Auffindung wurde die bei Dornburg nur $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Zoll starke Cölestinschicht nicht nur für wissenschaftliche, sondern auch für technische Zwecke durch eine rohe Brucharbeit ausgebeutet, und zwar mit solchem Erfolg, dass man sich veranlasst fand, auch an andern benachbarten Stellen, wo die untersten Muschelkalkschichten entblößt waren, nach Cölestin zu suchen. Man suchte fast an keiner dieser Stellen vergeblich, sondern fand Cölestin an so vielen, — außer Dornburg namentlich bei Zwetzen, Wogau, am Fusse der Kernberge und Gleisberge, — dass man ihn als einen gewöhnlichen Begleiter der auch an ihrer ebenen Schieferung und an ihren organischen Einschlüssen erkennbaren untersten Schichten des unteren Muschelkalks ansehen, und dieselben in ihrer localen Entwicklung bei Jena füglich als „Cölestinschichten“ bezeichnen kann. Auch bei Zwetzen und Wogau wurde Cölestin ausgebeutet, und zwar am längsten bei Wogau, wo fünf bis sechs Schichten davon knapp über-

einander anstreten. Die Ausbeutung dauerte fort bis der Preis des Centners, anfangs über 2 Thaler, unter 1 Thaler sank; dies geschah, wahrscheinlich in Folge der Einführung des westphälischen Strontianits in den Handel, im Jahre 1848. Jetzt sind alle Cölestingruben so verfallen, daß es schwer hält, ihn auch nur aufzufinden; er bröckelt bald bis zu solcher Tiefe zwischen den Kalkschiefern aus, daß er von ihnen und ihren Verwitterungsprodukten verdeckt wird.

Die Schichten des Cölestins sind den Schichten des Muschelkalks nicht durchaus gleichförmig eingelagert; sie verschwinden nicht nur zwischen den letzten, indem sie sich auskeilen oder zertrümmern, sondern durchsetzen sie auch, und gelangen so von der untern Fläche einer Kalkschicht zu deren oberer. Außer den Zwischenschichten finden sich auch rundliche Massen und krystallinische Krusten von Cölestin.

Die krystallinischen Krusten kleiden erweiterte Absonderungs- und Spaltungsklüste aus; die ausgebreitesten und schönsten hat Zweißen geliefert. Die einzelnen Krystalle erreichten jedoch auch hier nur eine Länge von 6", eine Dicke von 3"; sie zeigen die Flächen P , $\check{P}3$, $\check{P}\infty$, $\check{P}\infty$, $\infty\check{P}2$, $\infty\check{P}\infty$; ihr Habitus ist theils kurz-säulenförmig durch Vorwaltung von $\check{P}\infty$ und $\infty\check{P}\infty$, theils spitz-pyramidal bis nadelförmig durch $\check{P}3$.

Die rundlichen Massen sind dicht von Muschelkalk umschlossen.

Die Schichten sind faserig. Die Fasern bald größer, bald feiner, gewöhnlich etwas wollig, sind stets nahe rechtwinklig gegen die Schichtungsschäfte gerichtet; sie sondern sich sehr ungleich deutlich, mitunter sind sie durch Kalk oder Mergel von einander getrennt, meistens haften sie nur lose aneinander, mitunter jedoch so fest, daß sie fast nur als feine Streifen auf dem geraden Querbruch erkennbar sind.

An allen Varietäten ist die gewöhnliche Spaltbarkeit des Cölestins nach $\infty\check{P}\infty$ und $\check{P}\infty$ sehr deutlich; ihre Härte

ist etwas über 3, ihre Dichte 3,92. Sie sind sehr selten farblos oder weiß, gewöhnlich blau, und zwar bläsig-blau bis himmel-, berliner- und sogar indig-blau; sie sind glanzglänzend bis matt, durchsichtig bis durchscheinend; die indig-blauen Stücke erscheinen im durchfallenden Lichte grünlich.

Diese sind kürzlichst die Merkmale, welche ich¹⁾ bei einer früheren Beschreibung des Jenaischen Cölestins erläuterte. Ich habe zu dieser Beschreibung noch wesentliche Ergänzungen und Berichtigungen hinzuzufügen.

Ich machte bereits damals auf den — wie mir scheint — allgemeiner bedeutsamen Umstand aufmerksam, daß die kry stallographische Beziehung der Fasern des geschichteten Cölestins zweifelhaft sey; jetzt zweifle ich nicht mehr daran, daß eine solche Beziehung gar nicht besteht. Während nämlich die Richtung der Fasern immer nahe rechtwinklig bleibt gegen die Schichtung, nicht sowohl des Cölestins selbst, als vielmehr des ihn umgebenden Muschelkalks, ist die Haupt-Spaltungsfläche ebensowenig stets unter 52° gegen die Ebene der Schichtung geneigt, wie ich mit Berufung auf einige an sich ganz richtige Beobachtungen als allgemein gültig angenommen hatte, als parallel zu dieser Ebene, welchen Fall Quenstedt²⁾ hervorhebt, sondern sie befindet sich in allen möglichen Lagen gegen die Faserung und Schichtung. Dieselbe ist stets glatt und glänzend, mitunter winklig, geknickt oder gebogen; sie behält ihre Richtung unverändert nur innerhalb meist schmaler, oft keilförmiger Stücke, die nach der Richtung der Fasern stets durch die Dicke der ganzen Schicht hindurch gegeneinander begränzt sind. Diese Stücke haben oft sehr verschiedene Größe, sie sind gewöhnlich ganz regellos in einander verzinkt, mitunter fächerförmig gruppirt; Fächer von der Ausdehnung einer Handfläche wurden jedoch nur bei Wogau gefunden, sie zeichneten sich durch Feinheit und

1) Schmid und Schleiden die geognostischen Verhältnisse des Saalthales bei Jena S. 18.

2) S. dessen Handbuch der Mineralogie (Tübingen 1855) S. 374.

Geschlossenheit der Fasern aus und durch Ebenheit der Ober- und Unterfläche.

Dagegen habe ich ausnahmslos — wenigstens an Vorkommen von Wogau, welches mir für diese Untersuchungen reichlich zu Gebote stand, — eine Beziehung gefunden zwischen der Farbe des Cölestins und der Neigung seiner Faserung und Hauptspaltung gegen einander. Je mehr sich diese Neigung dem rechten Winkel annähert, desto dunkler ist die Farbe, je geringer sie wird, desto lichter; ist dieselbe nicht unter 70° , so zeigt sich die Farbe dunkelblau, sie bleibt bimmelblau bis 40° und verblaßt erst unter 20° . Diese Beziehung ist eigenthümlich und hat mit Pleochroismus nichts gemein, denn die dunklen Farben erscheinen bei jeder Richtung des einfallenden Lichtes gegen die Fasern und die Färbung überhaupt führt von einem beigemengten, bituminösen Stoff her. Es ist ja längst bekannt, daß die blaue Farbe des Cölestins am Sonnenlichte bleicht und daß sie durch Glühhitze rasch und vollständig zerstört wird. Beurtheilt man den Betrag des bituminösen Farbstoffs nach dem Glühverlust trockener Stücke, so steht er im geraden Verhältnis zur Sättigung der Farbe. Dies bewähren die folgenden Beispiele:

	Neigung der Faserung gegen die Spaltung.	Glühverlust.
Farbe dunkelblau	86°	0,47 Proc.
himmelblau	67	0,42
bläsigblau	46	0,30

Die eben besprochene eigenthümliche Beziehung veranlaßte mich, den Cölestin mittels der Haidinger'schen Lupe auf Pleochroismus zu untersuchen. Das Verhalten der dunkelblauen Stücke ist folgendes. Läßt man das Licht in der Richtung der Makrodiagonale durch sie hindurch gehen, bringt die Hauptaxe in eine parallele Lage zum Hauptsnitt des Doppelspatha, die Brachydiagonale in eine rechtwinklige dazu, so erscheint das außerordentliche Bild grünlich-blau, das ordentliche sehr bläsig-röthlich-blau; dreht man sie so vor der Oeffnung der Lupe, daß die Hauptaxe

wie vorhin im Hauptschnitt liegt, aber die Makrodiagonale rechtwinklig dagegen, so bleibt das außerordentliche Bild grünlich-blau, das ordentliche erscheint berlinerblau; bringt man endlich das Cölestinstück in die Lage, bei welcher die Makrodiagonale parallel, die Brachydiagonale rechtwinklig zum Hauptschnitt ist, so erhält man ein berliner-blaues außerordentliches Bild und ein sehr bläss-röthlich-blaues ordentliches. Unter diesen Farben ist das Berlinerblau am dunkelsten, das Grünlich-blau gesättigt, tiefer als es beispielsweise am Aquamarin vorkommt, das Bläss-röthlich-blau so lichte, dass es namentlich neben dem Grünlich-blau fast verschwindet. Der bimunelblaue Cölestin lässt dieselben drei Axenfarben noch recht deutlich von einander unterscheiden und auch der blassest-blau erkennen. In der That gehört der dunkelblaue Cölestin von Jena zu den recht ausgezeichnet trichroitischen Krystallen, und eignet sich vorzüglich zur Demonstration des Trichroismus.

Eine genaue Analyse des Cölestins von Dornburg hat bereits Stromeyer¹⁾ gegeben; danach enthält derselbe kein anderes schwefelsaures Salz neben dem der Strontianerde, und eine Spur Kalkerde ist als kohlensaure beige-mengt; nun mag zwar das in Untersuchung genommene Stück durch anhängenden Mergel etwas verunreinigt gewesen seyn, die Resultate der Untersuchung schliessen jedoch die Annahme nicht aus, dass etwas Kalkerde für die Strontianerde als Vicar in der schwefelsauren Verbindung enthalten gewesen sey. Nach dieser letzten Annahme ist die von Maddrell²⁾ im Laboratorium Rammelsberg's ausgeführte Analyse berechnet. Beide Analysen stimmen dahn überein, dass Baryerde ganz fehle. Eine Wiederholung der Analyse dürfte überflüssig seyn.

2. Cölestin des Schaumkalks.

Wo der Iserstedter und Ziskauer Grund zusammensto-

1) S. dessen Untersuchungen über die Mischung der Mineralkörper Bd. I S. 210.

2) Rammelsberg, Handbuch der Mineralchemie, 2. Aufl., S. 260.

Poggendorff's Annal. Bd. CXX.

ßen, am oberen Ende des Mühlthales, vor dessen unterem Ende Jena liegt, ist das oberste Glied des unteren Muschelkalks, der Schaumkalk, mächtig entwickelt und durch einen Steinbruch weit aufgeschlossen. Einen der Hohlräume, wie sie, resorbirten Muschelschalen entsprechend, im Schaumkalk häufig sind, fand ich in ungewöhnlicher Weise mit Krystallen ausgekleidet. Diese Krystalle waren nämlich nicht rhomboëdrisch, sondern rhombisch; sie bestanden auch nicht aus kohlensaurer Kalkerde, sondern aus schwefelsaurer Strontianerde, sie entsprachen also nicht dem Kalkspath, sondern dem Cölestin.

Die Krystalle zeigten ein breites Flächenpaar, zwei schmale Prismen, deren Axen dem Flächenpaar parallel gegen einander rechtwinklig waren, und ein sehr wenig ausgedehntes Prisma von nahe 104° und 76° , dessen Axe zum breiten Flächenpaar rechtwinklig war. Bereits der Habitus erinnert an Cölestin, an dessen Flächen $\alpha \bar{P} \infty$, $\alpha \bar{P}2$, $\bar{P} \infty$ und $\bar{P} \infty$. Noch bestimmter weist die Spaltbarkeit parallel der zuerst und der zuletzt erwähnten Fläche — nach $\alpha \bar{P} \infty$ und $\bar{P} \infty$ — auf Cölestin hin.

Die Krystalle haben die Härte 3.

Sie lösen sich in Salpeter- und Salzsäure sehr schwer auf, schmelzen vor dem Löthrohr ziemlich leicht zu einem weissen Email und färben die Flamme carminrot. Sie bestehen aus schwefelsaurer Strontianerde. Neben der Strontianerde tritt Kalkerde in bemerklicher Menge nicht auf; wenigstens giebt das aus dem Sulphat erhaltene Chlorid bei der Spectralanalyse nur die Strontiumlinien, ohne jede Spur der Calciumlinien, welche, wenn der Kalkerdegehalt des Cölestins auch nur 1 Proc. beträgt, sehr deutlich aufleuchten. Eisenoxyd oder Eisenoxydhydrat ist nicht beigemengt.

Weitere Versuche konnten bei der Geringfügigkeit des Materials nicht angestellt werden. Trotz fleissigen und genauen Nachsuchens habe ich solches weder an der bezeichneten Stelle, noch an andern Stellen im Schaumkalke wiedergefunden.

3. Cölestin der Lettenkohle.

Der Salzschacht auf dem Johannisfelde bei Erfurt erreicht in 502' Tiefe einen 189' mächtigen Wechsel von Sandstein- und Lettenschichten, in welchen die organischen Ueberreste der Lettenkohlengruppe vorkommen, namentlich Zähne von *Acrodus* und *Sphaerodus*, Schuppen von *Gyrolepis*, Schalen von *Lingula tenuissima*, *Myophoria transversa*, *Posidonomya minuta*, Bruchstücke von *Equisetum* und *Calamites*-Stengeln u. A. Knapp an der unteren Gränze sind auch zwei dolomitische Schichten, die obere 1', die untere $\frac{1}{2}'$ stark eingeschaltet, wie sie auch an andern Stellen der thüringischen Lettenkohle vorkommen, z. B. bei Apolda und Mattstädt, wo man sie zur Bereitung von Cement benutzt. Beide dolomitische Schichten haben dasselbe Aussehen; sie sind grau, grobkörnig und etwas cavernös, sie enthalten kohlensaure Kalk- und Talkerde zu beinahe gleichen Aequivalenten, und daneben Eisenoxydul genug, um sie als Braunkalke zu bezeichnen; ihr Thongehalt beträgt über 10 Proc. Die Cavernen waren nach den Mittheilungen des Hrn. Bergmeister Busse zum Theil von Soole erfüllt; Spuren dieser Füllung zeigten sich noch beim Zerschlagen von Stücken, welche wochenlang auf der Halde gelegen hatten; wurden aufgeschlagene Cavernen mit Wasser ausgespült, so ließ sich im Spülwasser oft noch ein Chlorwasserstoffgehalt nachweisen. Die Wände der Cavernen sind mit kleinen, weissen, seidenglänzenden Rhomboëdern von Braunschpath ausgekleidet; zwischen und über diesen haben sich grössere rothe, rhombische Krystalle ausgebildet, die sich nach den folgenden Untersuchungen als Cölestin ausweisen.

Nachdem ich diese Krystalle in der Sammlung des Bergmeisters Busse gesehen hatte, fand ich auf der Halde noch einen genügenden Vorrath davon. Ein Querschlag vom nördlichen zum südlichen Schacht war nämlich gerade durch den Horizont dieser Braunkalke hindurchgeführt worden.

Die Krystalle des oberen Braunkalks sind meistens kleiner als die des unteren. Die ersten erreichen 11" Länge, $6\frac{1}{4}$ " Breite und $2\frac{1}{2}$ " Dicke, die zweiten haben in ungefährem Mittel $4\frac{1}{2}$ " Länge, 2" Breite und $1\frac{1}{2}$ " Dicke. Sie sind tafel- oder säulenförmig. Alle zeigen ein langes und ein kurzes Prisma, deren Axen sich rechtwinklig kreuzen, und ein Flächenpaar, welches zugleich je eine Kante der beiden Prismen abstumpft, viele noch ein zweites Flächenpaar, als Abstumpfung der andern Kante des kurzen Prismas, und ein drittes Prisma, welches zwischen das erste Flächenpaar und das kurze Prisma eingeschaltet ist, jedoch mit äußerst schmalen Flächen. Die Kantenwinkel sind wegen starker Streifung fast nur mit dem Anlegegoniometer messbar. Die Kante des langen Prismas ist nahe 104° wie bei $\check{P}\alpha$ des Cölestina. Geht man von ihm aus, so sind die erwähnten Gestalten der Reihe nach $\check{P}\alpha$, $\alpha\check{P}m$, $\alpha\check{P}\alpha$, $\alpha\check{P}\alpha$ und $\alpha\check{P}m'$. Das kurze Prisma $\alpha\check{P}m$ misst sehr nahe 76° ; ein solches findet sich unter den bekannten Cölestingestalten allerdings nicht, es steht aber dem $\alpha\check{P}2$, dessen Kante zu $78^\circ 49'$ angegeben wird, sehr nahe; auf das für den Cölestin angenommene Axenverhältniss bezogen, würde der Ausdruck dafür seyn $\alpha\check{P} 2,065$, welchen man mit Rücksicht auf etwaige Vicare für die Strohtianerde, die eine Modification des Axenverhältnisses bedingen, füglich zu $\alpha\check{P}2$ abrunden darf. Das Prisma $\alpha\check{P}m'$ erscheint so untergeordnet, dass ich von seiner präzisen Bestimmung absehen muss. Die Krystalle sind, übereinstimmend mit dem Cölestintypus, in der Richtung der kurzen Nebenaxe langgestreckt. Auch ihre Spaltbarkeit stimmt mit der des Cölestins; sie erfolgt sehr vollkommen nach $\alpha\check{P}\alpha$, minder vollkommen nach $\check{P}\alpha$, welches Prisma Kanten von nahe 104° hat.

Die Krystalle haben die Härte 3; ihre Dichte ist 3,92 bis 3,94. Sie sind selten farblos, gewöhnlich rotb, und zwar fleischroth bis hell ziegelroth; doch ist die rothe Färbung

nie ganz gleichförmig, und unter dem Mikroskop zeigt sich die farblose Grundmasse von rothen Wolken durchzogen. Sie haben mäfsigen Glasglanz und Durchsichtigkeit in mittleren Graden.

Vor dem Löthrohr schmelzen die Krystalle leicht und unter schwachem Aufbläben zu einem weissen Email und färben die Flamme carminroth. Auch als feinstes Pulver lösen sie sich in vieler Salpetersäure sehr langsam auf, und zwar erfolgt die Auflösung, nachdem ein geringer Eisenoxydgehalt durch den ersten Säureaufguss entfernt ist, gleichmäfsig. Das zuerst und das zuletzt Aufgelöste lassen neben Strontianerde nur Kalkerde in nicht bemerkbar verschiedenem Verhältniss erkennen; nach einem ersten, fast aufblitzenden Erscheinen der Calciumlinien im Spectralapparate tritt sehr bald das Strontiumspectrum für sich allein hervor. Trotzdem fehlt jedoch auch Baryerde neben Strontianerde und Kalkerde nicht; führt man das Sulfat in Chlorid über, behandelt das letzte wiederholt mit absolutem Alkohol, so bleibt ein Rückstand ungelöst, der das Baryumspectrum rein giebt.

Beim Glühen giebt das Pulver der Krystalle etwas Wasser ab, welches jedoch, nach dem Glühverlust beurtheilt, nicht über 0,6 Proc. beträgt. Dasselbe ist bei den folgenden Analysen, denen geglühtes Pulver zu Grunde gelegt wurde, unberücksichtigt geblieben. Nach den üblichen Methoden wurde erhalten aus 3,818 Gr. des gebrühten Pulvers 4,860 Gr. schwefelsaure Baryerde, aus 2,0657 Gr. desselben 0,0464 Gr. kohlensaure Kalkerde und 0,0057 Gr. Eisenoxyd, endlich aus 1,7523 Gr. desselben 0,0163 Gr. Kieselfluorbaryum. Berechnet man daraus den prozentischen Gehalt an Schwefelsäure, Kalkerde, Baryerde und Eisenoxyd, und, nachdem die zur Sättigung der Kalkerde und Baryerde erforderliche Schwefelsäure abgezogen ist, aus dem bleibenden Reste dieser letzten die Strontianerde, so erhält man als: *Zusammensetzung des Cölestins aus der Lettenkohle im Salsschacht bei Erfurt:*

Strontianerde	43,68 Proc.
Kalkeerde	1,26 "
Baryerde	0,51 "
Schwefelsäure	53,39 "
Eisenoxyd	0,28 "
	<hr/>
	99,12 Proc.

Die Untersuchung ergiebt einen Verlust von 0,88 Proc.; er ist an sich nicht gross und überdies leicht erklärlich. Bei Behandlung des Gemisches der salpetersauren Erden mit vielem absoluten Alkohol ist nämlich die Auflösung von etwas Strontianerde unvermeidlich; ein beträchtlicher Theil davon krystallisierte aus, nachdem der Alkohol bis auf einen kleinen Rest verdampft war; aber wenn auch in den Krystallen eine Spur von Kalkeerde nachweisbar war, so enthielt das in der Auflösung Verbliebene einen noch auffälligeren Gehalt an Strontianerde, und ließ die rechnungsmässig bestimmte Menge dieser letzten nothwendigerweise zu gering ausfallen. Das Eisenoxyd ist, wahrscheinlich als Brauneisenstein, nur mechanisch beigemengt.

XII. Resultate der Untersuchungen über die Nitratveränderungen des Wasserspiegels der Ostsee; von Dr. Arthur Ferdinand Baron v. Saus¹⁾)

In der Ostsee übersteigt das Meer häufig die ihm von der Natur ursprünglich angewiesenen Gränzen, und treibt seine Wogen bald ins Land hinein, bald tritt es auffallend zurück, und entblößt grössere oder kleinere Strecken des Meeresbodens. Zur Erklärung dieses Phänomens wurden von mir in den Jahren 1859, 1860 und 1861 am nördlichen Gestade des Riga'schen Meerbusens, der Südküste der

1) Auszug aus dem *Bull. de l'Acad. des sciences de St. Petersbourg*
T. V. p. 257 bis 296.

Insel Oesell, dem zum Rittergute Sandel gehörigen Strande bei dem Fischerplatze Kukke saar in $22^{\circ} 51'$ östlicher Länge von Greenwich und $58^{\circ} 7' 30''$ nördl. Br. täglich Vormittags 11^h und Nachmittags 5^h Messungen über die Höhe des Wasserstandes angestellt. Indem nun die gewonnenen Beobachtungen zu einer Untersuchung der Natur dieser Naturerscheinung, und ihrem Zusammenhange mit andern Naturvorgängen benutzt wurden, ergaben sich folgende Resultate; nachdem aus den 189 angestellten Messungen der Mittelwerth als arithmetisches Mittel festgestellt worden war:

- 1) Bei der Berechnung der Resultate zeigte sich, dass beim Steigen des Wassers die Differenz mit dem Mittelwerth grösser ist als beim Fallen. Als mittlere Differenz zwischen dem Normalwasserstande (Mittelwerth) und allen 189 Beobachtungen ergibt sich $-0,47''$ ^{107 und} ¹).
- 2) Die mittlere Höhe des Wasserstandes in einer gewissen Zeit übt keinen Einfluss auf die Intensität seiner Schwankungen aus.
- 3) Im jährlichen Eintreten des Normalwasserstandes herrscht keine Regelmässigkeit.
- 4) Der Normalwasserstand wurde verhältnismässig am häufigsten im August, am seltensten im Juli beobachtet.
- 5) Der Normalwasserstand tritt häufiger am Nachmittage als am Vormittage ein.
- 6) Im August ist das Hochwasser überwiegend, im September nähert es sich der Hälfte aller Beobachtungen, im Juli ist es sehr selten.
- 7) Im Juli herrscht Niedrigwasser vor.
- 8) Am Nachmittage sind Hoch- und Niedrigwasserbeobachtungen gleich häufig angestellt worden.
- 9) Verhältnismässig ist das Normalwasser am seltensten das Niedrigwasser am häufigsten beobachtet worden. ¹²
- 10) Das Maximum des Hochwassers übersteigt den
- 1) Der Wasserstand über dem Normalwasserstand wird mit $+$, der unter denselben mit $-$ und der Normalwasserstand selbst mit \pm bezeichnet.

Normalwasserstand um mehr als das Doppelte davon, wie das Niedrigwasser beim Minimum darunter fällt.

11) Die grösste Differenz zwischen Maximum und Minimum des Wasserstandes beträgt 2' 10" engl.

12) Die bedeutendste mittlere Höhe über dem Normalwasserstande tritt bei NW. ein, die bedeutendste Tiefe des Wassers bei SO.

13) Die bedeutendsten Schwankungen zwischen dem Vor- und Nachmittagstande finden bei NO statt, während bei W und S die Schwankungen sich beinahe auf 0 reduciren.

14) Bei anhaltendem NW und W tritt stets ein Fallen des Wassers ein.

15) Bei anhaltendem SW und SO herrscht das Fallen vor.

16) Bei anhaltendem S herrscht das Steigen vor.

17) Bei anhaltendem O beobachteten wir ebenso oft ein Fallen, wie ein Gleichbleiben des Wassers.

18) Bei anhaltendem NO erfolgt stets ein Steigen.

19) Ein entschiedenes Fallen tritt ein, wenn:

a) NW auf SW folgt

b) S " W "

c) SO " S "

d) NO " S "

Ein entschiedenes Steigen tritt ein, wenn:

a) SW auf S folgt.

b) SW " SO "

c) S " SO "

d) SO " O "

20) Während und nach einem Regen steigt das Wasser.

21) Vor einem Regen fällt das Wasser.

22) Bei Gewittern erfolgt ein Steigen des Wassers, was seine Erklärung darin findet, dass die Gewitter gewöhnlich von heftigen Winden begleitet werden, welche das Wasser aufstürzen.

23) Das Schwanken im Niveau der Ostsee ist die

Folge mehrerer vorhergegangenen meteorologischen Erscheinungen.

24) Die Veränderungen des Wasserstandes sind nicht unmittelbare Folgen gewisser meteorologischer Erscheinungen, sondern sind gewöhnlich von einer ganzen Reihe früherer Erscheinungen bedingt.

25) Das Steigen des Wassers breitet sich bald über weite Strecken aus, bald ist es nur ein auf einen kleinen Raum des Meeres sich beschränkendes, je nach der Ausdehnung des Windes.

26) Die Richtung und Stärke des Windes sind die vorzüglichsten Urheber der Meeresschwankungen.

27) Das Steigen des Wassers erfolgt, wenn der Wind aus Gegenden weht, wo er über grössere Wasserflächen kommt. Weht der Wind von der Landseite so erfolgt Fallen ¹⁾), also bei Seewind Steigen und bei Landwind Fallen.

28) Die Extreme des Steigens des Wassers werden durch aussergewöhnlich vermehrte Stärke der Winde bewirkt, welche von der Seeseite wehen.

29) Die Extreme im Fallen des Wassers werden dadurch hervorgerufen, dass anhaltende Winde von der Landseite wehen.

30) Zwischen Wasserhöhe und Barometerstand ²⁾) ließ sich kein Zusammenhang nachweisen.

1) Der Begriff See- und Landwind bezieht sich hier stets auf die ganze Ostsee und nicht nur auf den Beobachtungsort.

2) Meine Barometerbeobachtungen wurden an einem Aneroid-Barometer ange stellt.

XIII. *Ueber den magnetischen Rückstand im Eisen;*
 von Prof. Dr. A. von Waltenhofen
 in Innsbruck.

(Vorläufige Anzeige von neuen Beobachtungen über diesen Gegenstand.)

Es ist mir oft aufgefallen, dass die magnetischen Rückstände in weichen Eisenkernen bei wiederholter ganz gleicher temporärer Magnetisirung desselben Stabes, sehr ungleich ausfallen. Noch befremdender aber war mir eine Erscheinung, die ich an einem sehr dicken Eisencylinder zuerst wahrgenommen habe, und welche darin bestand, dass der nach Aufhebung des magnetisirenden Stromes zurückgebliebene Magnetismus im Vergleiche mit dem verschwundenen temporären Magnetismus manchmal sogar die *entgegengesetzte* Polarität hatte. Bei den Versuchen diesen Vorgang, welchen ich der Kürze wegen die *anomale Magnetisirung* nennen will, zu wiederholen, überzeugte ich mich bald von den Bedingungen desselben, indem mir dabei eine muthmaßliche Erklärung behülflich war, die mir bei näherer Erwägung der Sache vorschwebte, und die ich nun zunächst auseinandersetzen will.

Es schien mir nicht zulässig, die besagte Erscheinung etwa als eine secundäre Wirkung inducirter Ströme anzusehen, weil die Oeffnungströme mit den primären Strömen gleichgerichtet sind, und daher im Gegentheile nur zur *Vergrößerung* des remanenten Magnetismus beitragen können¹⁾. Vielmehr schien mir die Hypothese drehbarer *Molecularmagnete* ganz unmittelbar eine ebenso einfache als befriedigende Erklärung zu gestatten, wenn man nämlich die Annahme festhält, dass bei der Bewegung der magnetischen Moleküle, neben der Tendenz, in die ursprünglichen Gleichgewichtslagen zurückzukehren, auch ein gewisser Reibungswiderstand sich geltend macht. Diese Annahme lässt vor-

1) Vergleiche Magnus, Pogg. Ann. Bd. 48, S. 95 und Helmholtz, Pogg. Ann. Bd. 83 S. 535.

aussehen, dass es für den magnetischen Rückstand im Eisen nicht gleichgültig seyn könne, sondern vielmehr von maßgebender Bedeutung seyn müsse, ob eine *plötzliche* Untersuchung des magnetisirenden Stromes stattfindet, oder ob man eine *allmäßige* Stromaufhebung in der Art einleitet, dass man die Stromstärke zuvor durch eingeschaltete Widerstände nach und nach vermindert, und erst wenn sie nahezu Null geworden ist, ganz unterbricht.

Beim allmäßigen Nachlassen und Verschwinden der magnetisirenden Kraft werden die Reibungswiderstände, wegen der nur langsam gestatteten Bewegung der Molecularmagnete, den vollständigen Rücktritt in die ursprünglichen Gleichgewichtslagen verbindern; wenn dagegen die magnetisirende Kraft plötzlich zu wirken aufhört und somit die gedrehten Molecularmagnete der Rückwirkung der Molecularkräfte plötzlich vollständig überlassen werden, wird die Schnelligkeit der rückgängigen Bewegung, nach Maßgabe der grösseren lebendigen Kräfte, welche die Moleküle nach plötzlicher Aufhebung des Spannungszustandes erlangen, dieselben weiter gegen die ursprünglichen Gleichgewichtslagen zurückführen, und in manchen Fällen sogar *kleine Ueberschreitungen* dieser Gleichgewichtslagen bedingen können. Geschieht das Letztere, so ist auch die weitere Annahme zulässig, dass eine Anzahl von Molecularmagneten jenseits der überschrittenen Gleichgewichtslagen zurückbleiben, und somit eine dem aufgehobenen elektro-magnetischen Zustande *entgegengesetzte* magnetische Fernwirkung bedingen könne. Eine Feder, deren Oscillation durch mässige Reibung gehemmt ist, zeigt bei plötzlichem oder allmäßigen Nachlassen eines ihr ertheilten starken Spannungszustandes ein Verhalten, welches die beschriebenen Vorgänge experimentell ver-sinnlicht. Diese Hypothese erklärt nicht nur die Möglichkeit anomaler Magnetisirungen, sondern lässt zugleich die Bedingung derselben erkennen, indem sie zeigt, dass dieser Vorgang nur bei plötzlicher Unterbrechung des magnetisirenden Stromes eintreten kann, dass dagegen die nach allmäßiger Stromaufhebung eintretenden magnetischen Rück-

stände mit dem verschwundenen temporären Magnetismus gleiche Polarität haben müssen.

Meine Beobachtungen über das Verhalten elektromagnetisirter Eisenmassen bei plötzlicher und allmählicher Stromaufhebung, haben diese Annahmen vollkommen bestätigt. Ich will nunmehr einige von den erhaltenen Zahlenresultaten folgen lassen, wobei ich als Einheit der magnetischen Kräfte durchaus ein Moment von *Einer Million absoluter Einheiten* angenommen habe.

In der Magnetisirungsspirale, welche ich in meiner Abhandlung »Ueber die Coercitivkraft verschiedener Stahlsorten«¹⁾ beschrieben habe, wurde ein *volkommen unmagnetischer Cylinder von möglichst weichem Eisen*, 103^{mm} Länge und 28^{mm} Durchmesser, mit zunehmender Stromintensität soweit magnetisiert, dass sein temporäres Moment nahezu = 60 war. Nach plötzlicher Stromunterbrechung äusserte er das entgegengesetzte remanente Moment — 0,20, und zeigte auch nach wiederholten plötzlichen Oeffnungen der wieder geschlossenen Kette entschieden negative (anomale) Rückstände. Dagegen zeigte sich nach *allmählich eingeleiteter Aufhebung* des magnetisirenden Stromes jedesmal ein bedeutendes, mit dem temporären Momenten gleichnamiges Residuum. Wenn der Strom hierauf in derselben Richtung abermals hergestellt, sodann aber plötzlich unterbrochen wurde, zeigte sich das mit der temporären Magnetisirung gleichnamige Residuum, welches nach allmählicher Stromaufhebung immer wenigstens den Betrag 0,30 hatte, nahezu auf 0 reducirt, konnte jedoch durch Wiederholung dieses Verfahrens nicht merklich unter 0 herabgebracht werden. Wenn aber hierauf die magnetisirende Stromrichtung gewechselt wurde, so trat nach plötzlicher Unterbrechung wieder eine ganz entschiedene anomale Magnetisirung auf.

So oft der Eisencylinder mehrere Tage in ostwestlicher horizontaler Lage unberührt gelassen war, zeigte er sich wieder vollkommen unmagnetisch, und ergab bei Wiederholung des zuerst beschriebenen Versuches wieder das

1) Welche nächstens in diesen Annalen erscheinen wird.

anomale Residuum — 0,20; er zeigte überhaupt wieder das-selbe Verhalten wie beim ersten Gebrauche. Wenn dage-gen die remanenten Magnetismen nicht durch längeres Lie-genlassen, sondern durch entmagnetisirende Ströme ver-schwinden gemacht worden¹), gelang es nicht, so auffal-lende anomale Magnetisirungen hervorzubringen, als wenn der unmagnetische Zustand in der besagten Weise von selbst eingetreten war.

Dieselben Gesetzmässigkeiten zeigte ein Eisenstab von 103^{mm} Länge und 20^{mm} Durchmesser, welcher in derselben Spirale bis zu einem Momente von 45 magnetisirt wurde. Es ist bemerkenswerth, daß die numerischen Beträge der remanenten Magnetismen für diesen Stab nicht erheblich von denjenigen verschieden waren, welche der dickere Stab bei gleicher Stromstärke gezeigt hatte. Die Magnetisirung wurde bei den besprochenen Versuchen in der Regel mit allmählich gesteigerten Strömen, jedesmal aber in der Art vorgenommen, daß der Eisenkern mehrere Sekunden lang der magnetisirenden Einwirkung ausgesetzt blieb.

Die auffallende numerische Verschiedenheit der remanenten Magnetismen nach plötzlicher und allmählicher Strom-unterbrechung ist in jedem Falle sehr leicht nachweisbar; dagegen erheischt die Beobachtung anomaler Magnetisirun-gen allerdings feinere Versuche.

Innsbruck, am 2. November 1863.

- 1) Diesen scheinbar unmagnetischen Zustand nannte Marianini »laten-ten« oder »dissimilisten« Magnetismus.

XIV. Ueber das Tönen durch Wärme;
 von J. Schneider.

Um zu weiteren Aufschlüssen über die im 117. Bande S. 622 ff. dieser Annalen erörterten Töne zu gelangen, habe ich eine neue Versuchsreihe unternommen, deren Ergebnisse ich hier in der Kürze mittheile.

Die Versuche wurden mit einem 9 Zoll langen, 4 Liniendicken, runden Kupferstabe, und einem oben convexen Bleiblocke, wie er zu den Trevelyanversuchen gebraucht wird, angestellt. Der Stab wurde horizontal, und zwar $1\frac{1}{2}$ Zoll von dem einen Ende, auf den Block gelegt, und in derselben Entfernung von dem andern Ende unterstützt. Zuvor überzeugte man sich, dass der Stab nicht, wie bei den Trevelyanversuchen, auf hervorstehenden Kanten oder Spitzen ruhte, sondern mit dem Bleie nur eine einzige, und immer ein und dieselbe Berührungsstelle hatte; die Metallflächen wurden an der Berührungsstelle sorgfältig rein gehalten.

Schlägt man die aufliegende Kupferstange, ohne zu erhitzen, in senkrechter Richtung von Oben nach Unten, oder auch umgekehrt an; so hört man außer dem Tone der vibrierenden Metallstange noch einen, nur wenig länger dauernden Ton, der von den schnell aufeinander folgenden, an Stärke rasch abnehmenden Stößen der Stange auf die Unterlage herrührt. Erhitzt man nun die Stange allmählich, so wird dieser schwache und kurze Ton, bei fortgesetztem Anschlagen, um so deutlicher und anhaltender, je weiter die Erhitzung fortschreitet, bis endlich, sobald die gehörige Temperatur erreicht ist, der Ton ununterbrochen anhält, und das früher erwähnte Singen des Apparates eintritt.

Schlägt man die Metallstange, ohne zu erhitzen, in horizontaler Richtung von der Seite an, so entsteht, außer dem gewöhnlichen Ton der Stange, kein zweiter Ton; ebenso wenig ist man im Stande, nach geschehener Erhitzung, durch

bloß seitliches Anschlagen die Stange zum Singen zu bringen, wodurch sich wiederum ein wesentlicher Unterschied zwischen dem Trevelyanversuche und dem unserigen kund giebt. Um diesen Unterschied bequem zu beobachten, ist es zweckmässig, in der oberen Fläche des Bleiblocks eine schmale Vertiefung zu bilden, so daß die Stange auf zwei hervorstehende Kanten zu liegen kommt, und daneben eine völlig ebene und glatte Fläche herzustellen, wo die Stange nur eine einzige Berührungsstelle finden kann. Der Kürze halber mögen die beim Trevelyanversuche entstehenden Töne mit No. 1, die in Rede stehenden Töne mit No. 2 bezeichnet werden. Legt man nun die erhitzte Stange in die Vertiefung und schlägt sie von der Seite an, so erhält man augenblicklich den Ton No. 1, schiebt man dann die erhitzte Stange auf die daneben liegende glatte Fläche, und giebt ihr in derselben Weise einen seitlichen Impuls, so erhält man durchaus keinen Ton; während alsbald der Ton No. 2 eintritt, wenn der Impuls in senkrechter Richtung von Oben nach Unten, oder umgekehrt erfolgt. Legt man die Stange wiederum in die Vertiefung, und schlägt sie von Oben oder Unten an; so erhält man abwechselnd beide Arten von Tönen, doch so, daß der Ton No. 1 vorherrschend ist, und den Ton No. 2 stets zu verdrängen sucht, der daher nicht anhaltend, und immer nur auf kurze Zeit auftritt, während, wenn man die Stange wiederum auf die glatte Fläche schiebt, der Ton No. 1 ausbleibt und dann der Ton No. 2 ununterbrochen anhält.

Die Oscillationen, denen die Töne No. 1 ihre Entstehung verdanken, lassen sich, wie bekannt, in sehr vielen Fällen schon durch das Gefühl erkennen, wenn man den Wackler an einer passenden Stelle berührt; auch das Schwingen der Unterlage giebt sich auf dieselbe Weise kund; bei den Tönen No. 2 aber nimmt man nicht leicht Schwingungen der Unterlage auf diese Art gewahr; dagegen fühlt man die Vibrations der Metallstange, namentlich wenn man dieselbe an dem, dem Unterstützungspunkte zunächst liegenden Ende berührt, sehr deutlich. Sind die Schwingungsampli-

tuden des Wacklers bei den Tönen No. 1 gross genug, so kann man sie bekanntlich auch sehen, und man hat dieses durch einen quer darüber gelegten langen Strohhalm noch deutlicher zu machen gesucht. Befestigt man aber einen solchen Strohhalm quer am Ende der Metallstange, so erkennt man, mag der Strohhalm auch noch so sehr verlängert werden, an demselben keine, oder nur äußerst schwache Bewegung, und selbst die Erschütterungen, die man durch unmittelbares Berühren der Metallstange erfährt, sind an dem Strohhalm kaum merklich. Sehr deutlich dagegen geben sich die Vibrationen der Stange kund, wenn man sie nahe dem Aufliegepunkte mit einem Metallstabe berührt, wobei hervorzuheben ist, dass die Erschütterungen an den Seiten der Stange am schwächsten, und immer stärker wahrgenommen werden, je mehr man sich mit dem Stabe dem oberen oder unteren Theile der Stange nähert.

Uebt man in einigen Zollen Entfernung von der Aufliegestelle einen senkrechten Druck auf die Stange aus, so geht der in der Regel schrillende Ton stets in einen reineren und zugleich höheren über; hört der Druck auf, so tritt auch der frühere Ton wieder ein. Durch einen seitlichen Druck in horizontaler Richtung ebenso, wie durch den senkrechten Druck unmittelbar über dem Unterstützungspunkte hört der Ton alsbald völlig auf. Zuweilen tritt der Ton, wenn er durch einen zu starken senkrechten Druck gehemmt worden, bei aufhörendem Druck, ohne einen neuen Impuls, sogleich von selbst wieder ein, was man bei starker Erhitzung der Stange oft mehrere Male hintereinander sich wiederholen lassen kann. Auch durch Berührung oder Druck auf den Bleiblock werden die Töne entweder gänzlich verändert, oder gänzlich gehemmt.

Um das Gelingen der Versuche zu sichern, ist es zweckmässig, die aufliegende Metallstange vor der Erhitzung versuchsweise anzuschlagen, um den Eingangs erwähnten kurzen Ton zu erhalten; so lange dieser nicht eintritt, tritt auch der anhaltende Ton nicht ein, und man muss die Lage der Stange so lange verändern, bis man beim Anschlagen

jenen Ton vernimmt: alsdann erst kann der Apparat nach dem Erhitzen zum Singen gebracht werden.

Bei dem Trevelyanversuche war es nicht schwer, die nächste Ursache der Töne in dem abwechselnden Aufschlagen der Kanten des Wacklers auf die Unterlage, und den dadurch in beiden hervorgerufenen Schwingungen zu erkennen, indem man die Oscillationen des Wacklers in vielen Fällen deutlich wahrnehmen, oder doch die Schwingungsamplituden zur deutlichen Wahrnehmung hinlänglich vergrößern konnte. Weit weniger ist dieses bei den in Rede stehenden Tönen der Fall; doch scheinen mir die bisherigen Versuche völlig hinzureichen, um die nächste Ursache unserer Töne in senkrechten Stößen der Stange auf die Unterlage zu erkennen, durch welche beide in Schwingungen versetzt und zum Tönen gebracht werden. Fragen wir nun nach der Ursache dieser senkrechten Stöße, und ferner nach der Ursache ihrer Fortdauer nach geschehener Erhitzung, so geben uns die Versuche, nach denen dieselben nur nach erfolgtem äußerem Impulse, und dann auf kurze Zeit auch ohne vorherige Temperaturerhöhung eintreten, dahin Aufschluss, dass, unter Ausschließung jeder etwa dabei wirksamen Abstossungskraft, eben dieser Impuls als die Ursache des Beginns der Töne zu setzen, während die Fortdauer derselben in der Temperaturdifferenz der sich berührenden Körper zu suchen ist. Eine weitere Discussion der Versuche in Betreff der angezeigten näheren Ursachen der Töne halte ich für überflüssig; in welcher Weise aber jene Temperaturdifferenz die Fortdauer der Töne bewirke, ist hier, wie bei dem Trevelyanversuche, sowohl die wichtigste, als schwierigste Frage, und scheinen mir die bisherigen Versuche zu einer erschöpfenden Beantwortung derselben noch nicht ausreichend; ich beschränke mich daher um so mehr nur auf die Andeutungen, die durch fernere Versuche zu prüfen und zu ergänzen seyn werden, als selbst die äußerst zahlreichen Versuche, welche das Trevelyan'sche Phänomen hervorgerufen, zu einer allgemein an-

genommenen Erklärung desselben bis jetzt nicht geführt haben.

Wenn die nicht erhitzte Metallstange durch einen senkrechten Impuls erschüttert wird, so stößt sie auf die Unterlage, fährt in die Höhe zurück, und indem sie wieder auf die Unterlage fällt, wiederholt sich dieser Vorgang einige Male hintereinander, bis die Stange aus bekannten Gründen alsbald zur Ruhe kommt: durch die rasch aufeinander folgenden Stöße werden Stange und Unterlage in Schwingungen versetzt, die einen kurzen anhaltenden Ton erzeugen. Wird nun die Stange erhitzt, so wird sie durch das an der Berührungsstelle sich ausdehnende Blei gehoben, und wenn sie nach erfolgtem Impulse in die Höhe gegangen, so kühlte sich das Blei an der Berührungsstelle ab, sinkt wieder nieder, und die Stange durchläuft beim Herabfallen einen größeren Raum, als der war, den sie beim Aufsteigen durchlief: hierdurch erhält sie einen Zuwachs an Geschwindigkeit, der hinreichend ist, den Geschwindigkeitsverlust, den sie durch den Stoß und die Hindernisse der Bewegung erlitt, zu ersetzen, und dies wird sich so lange wiederholen, als die erforderliche Temperaturdifferenz der sich berührenden Metalle anhält. Hierbei scheint mir aber, wie schon früher angedeutet¹⁾, die Ausdehnung des Bleies in horizontaler Richtung eine sehr wichtige Rolle zu spielen, was sich unter Anderem darin kund gibt, dass die Töne in der Regel unrein und schrillend sind, aber um so reiner werden, je weniger Rauhigkeit die Metalle an der Berührungsstelle haben, und sich völlig rein und musikalisch stimmen lassen, wenn man an passender Stelle auf die Stange einen senkrechten Druck ausübt, wodurch die seitliche Wirkung an der Berührungsstelle gehemmt wird. Weitere Versuche sind jedoch erforderlich, um über die Wirkungen Aufschluss zu erhalten, welche die Ausdehnung und Zusammenziehung der Bleiunterlage in horizontalem Sinne zur Folge haben, und die bei Erklärung des Trevelyanversuches als unmerklich ganz außer Acht gelassen zu

1) Poggendorff's Ann. Bd. 117, S. 626.

werden pflegen; wobei dann auch die Frage zur Sprache kommt, ob nicht manche der von früheren Beobachtern bei dem Trevelyanversuche wahrgenommenen Töne, die man mit der Faraday'schen Theorie nicht in Einklang zu bringen wußte, zu den in Rede stehenden gehören, und nur mit den Trevelyan'schen Tönen verwechselt worden sind.

XV. *Neuer Meteorsteinfall in Indien.*

In der Sitzung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe der K. Akademie zu Wien vom 10. December 1863 berichtete Hr. W. Haidinger über den Fall eines Meteorsteines, welcher am 11. August des gegenwärtigen Jahres, Vormittags zwischen 11 und 12 Uhr in der Nähe einer Ortschaft Shythal, wenige englische Meilen nördlich von der Stadt Dacca in Bengalen, stattgefunden hat. Dacca liegt zwischen den Flüssen Ganges und Brahmaputra, 150 engl. Meilen nordöstlich von Calcutta. Der Fall wurde von einem Eingeborenen, dem Ryot Doyal Bungshee, gut beobachtet.

Bei Donnerschall bewegte sich ein runder rother Körper von Ost gegen West und schlug anderthalb Fufs tief in den feuchten Boden; nach einer halben Stunde ausgegraben, war er nicht wärmer als der umgebende Grund. Der Zemindar Baboo Kally Narain Roy schickte den Stein an Dr. Simpson in Dacca. Nach einer vorläufigen chemischen Untersuchung von Hrn. Brennand in Dacca, welche Kieselerde, metallisches Eisen, Nickel, Kobalt und Mangan, auch einfache Schwefeleisen nachwies, schickte Dr. Simpson den Meteorstein an den Gouverneur in Calcutta, der ihn wieder der *Asiatic Society of Bengal* verehrte. In der Sitzung am 4. November wurde er derselben vorgelegt. Hr. Dr. Ferdinand Stoliczka berichtete über diesen Meteoriten an Haidinger und sandte auch Abbildungen ein. Der Stein wird demnächst an das britische Museum nach London gesandt werden, doch ist auch dem k. k. Hof-Mineralien-Cabinette in Wien ein Abschnitt zugesagt. Er wiegt etwas über 5 Pfund, ist größtentheils schwarz über-

rindet, innen hellgrau mit grösseren und kleineren helleren Einschlüssen metallischer Theilchen von Eisen und von einfach Schwefeleisen und ausgezeichnet breccienartiger Struktur; die Gestalt ist die eines Bruchstückes, dessen in der Anlage scharfe Kanten durch äusserliche Schmelzung abgerundet sind.

XVI. Bemerkung zu Melde's Lehre von den Schwingungscurven; von J. Lippich.

HR. Dr. F. Melde nimmt am Schlusse seines ausführlichen Werkes: »Die Lehre von den Schwingungen« Notiz von einer von mir veröffentlichten Arbeit, und erwähnt, es scheine mir seine in diesen Ann. Bd. 115 (1861) S. 117 mitgetheilte Abhandlung »Ueber das Universal-Kaleidophon« entgangen zu seyn, da ich die Zeichnung und Beschreibung eines Apparates beifüge, den derselbe in fast derselben Form angegeben hatte. Ich glaube hierauf bemerken zu müssen, dass die erwähnte Abhandlung im Januarhefte mit dem Datum vom 2. December 1861 erschien, während meine Arbeit in der Sitzung vom 31. October desselben Jahres der kais. Akademie vorgelegt wurde, ich also bezüglich des darin Niedergelegten die Priority zu beanspruchen berechtigt wäre.

Beiläufig sey noch hinzugefügt, dass ich nicht, wie Hr. Melde meint, von Grundsätzen der Mechanik ausgehend, sondern zu dem Zwecke, um auf eine einfache Weise die erhaltenen Formeln durch messende Versuche zu verificiren, von rein geometrischem Standpunkte aus die, auch in dem Eingangs angeführten Werke besprochenen Eigenschaften der Interferenzcurven, und noch einige andere nicht minder interessante, mir abzuleiten genötigt war. Von meiner Abhandlung ist auch in diesen Annalen Bd. 106 ein Auszug mitgetheilt worden.

Prag, den 14. December 1863.

N a m e n r e g i s t e r

zum

Jahrgang 1863.

sup. x squalidum b
van marleb. totaup n. tafil
11. 11. 11.

Chap. 11. — *Le décret de l'Assemblée nationale, 1791.*

10

stätte I b und I. L. auf der
nördlichen und östlichen Seite
der Inseln und auf dem
westlichen und südlichen
Ufer des Hafens.

91

(Die Bände 118, 119, 120 sind durch XVIII, XIX, XX bezeichnet.)

And I would

Ångström, J. A., Ueb. d. Wärmeleitungsvermögen d. Kupfers u. d. Eisens bei verschiedn. Temperaturen, XVIII, 423.

Auerbach, J., Chem. Zusammensetzung d. Meteoriten v. Tuis, XVIII, 363.

Avenarius, M. Die Thermo-Elektr. ihrem Ursprunge nach als identisch mit d. Contact-Elektr. XIX, 406. — Nachtrag dazu XIX, 637.

an excellent job of a show.

877/12 graduated
at the U. of Mich., A. 1912.

Babinet, Ueb. d. Parallaxe der
Sonne XVIII. 487.

Bahr, J. F. Ueber ein neues Metalloxyd, XIX, 572.

Berger, Ueber Nebel XVIII, 456
— Ueber den Sphäroidalzustand
XIX, 594.

Brodie, B. C., Ueber Oxydation und Desoxydation durch alkal.

und Desoxydation durch AlCl_3 .
Superoxyde XX, 294. 106 208
Bunzow, R. *Zur Kenntnis d. Far-*

Bunsen, R., Zur Kenntn. d. Chrysma. XIX. 1.

Burckhardt, F., Ueb. Contrastfarben XVIII, 303.

JOURNAL OF CLIMATE

17

Chydenius, J. J. Ueb. d. Thor-
erde u. deren Verbindd. XIX. 43.

Clausius, R., Ueber e. Grund-
satz d. mechan. Wärmetheorie
XX 426

Cohen-Stuart, L., Ueber d. gegenzeit. Verhältn. d. Gay-Lussac'sch. Gesetzes zum Mariotte'sch. und Mayer'sch. Gesetze
XIX, 327.

Cornu, Theorem üb. d. Relationen zwisch. d. Lagen d. Polarisationsebenen d. einfallend., reflektirt. u. in isotrop. Mitteln gebrochne Strahls XVIII, 492.

Czudnowicz, C., Untersuch. üb. d. Vanadin, XX, 17.

d. unterschweifl. Natrons z. qualitat. u. quantitat. Analysen usw. XIX, 317.

G

D.

Deicke, H., Bestimm. d. Absorptionscoeff. der Chlorwasserstoffsäure für Wasser, XIX, 156.

Des Cloiseaux, A. L. O., Beobh. über d. temporäre u. permanente Modificatt., welche d. Wirk. der Wärme einigen opt. Eigenschaften m-ehrer krystall. Körper einprägt XIX, 481.

Donders, F. C., Die Refractionsanomalien d. Auges u. ihre Folgen XX, 452.

Droncke, A., Zur mechan. Wärmetheorie XIX, 388 u. 583.

Dub, J., Ueb. d. Urtheil Wiedemann's in Bezug auf d. Gesetze f. d. Abhängigkeit d. magnet. Intensität von d. Dimensionen d. Elektromagnete, XVIII, 516. — Der Satz von Thomson in Bezug auf d. Wirk. d. Elektromagnete usw. XX, 539.

Gädicke, J., Ueber d. Verluste an fester Substanz, welche Pflanzen b. langsam. Trocknen erleiden XVIII, 606.

Gossiot, J. P., Ueber d. Wärme-Entwickl. an d. Polen e. Volta-Batterie usw. XIX, 131.

Goppelsröder, F., Ueb. eine d. Iodstärke-Reaction maskirende Eigenschaft gewiss. unorgan. Substanzen, XIX, 57. — Neues Reagens auf alkal. reagirende Flüssigkeiten u. auf salpfrig. Salze XIX, 64.

Graham, Th., Ueber d. molekulare Beweglichkeit d. Gase XX, 415.

Grübel, C. A., Ueb. d. opt. Wirk. d. Insekten-Augen XIX, 640. — Ueber künstl. Erzeugung von Asternus XX, 511.

F.

Fizeau, H., Ueb. d. Modificatt., welche d. Licht in Glas u. andr. Körpern unter d. Einfl. d. Wärme erleidet XIX, 87 u. 297.

Foucault, L., Experimentelle Bestimm. d. Geschwindigk. d. Lichtes; Parallaxe der Sonne, XVIII, 485 u. 568.

Freund, G. A., Ueb. d. Bewegung d. Luf um e. sich drehend. Cylinder, XVIII, 1.

Froehde, A., Ueb. einige Anwend.

Haerlin, J., Ueber d. Verhalten einiger Farbstoffe im Sonnenspectrum XVIII, 70.

Heidinger, W., Ueber ein bisher unbekanntes Meteorereignis XIX, 642. — Neuer Meteorsteinfall in Indien XX, 659.

Hallier, E., Ueber e. merkwürd. Veränder. d. Holzes d. Schiffsmaste XVIII, 317.

Handl, A., Magnet. Declinat. in Lemberg, XIX, 176.

Hering, E., Ueber W. Wundt's Theorie des binocularen Sehens XIX, 115. — Siehe Wundt.

Hermes, O., Ueb. krystallisiertes Natronhydrat, XIX, 170.

daß Prostheoquinolz. *et al.* in 1000 g. — *et al.* III, 129. — Karolyi, L. v. Die Verbrennungsprodukte d. Schießpulver und des Schießpulvers unter Umständen analog denen der Praxis, XVIII, 544.

Karsten, H., Entwicklungs-Erschein. der organ. Zelle XVIII, 319.

Kesselmeyer, P. A., Ueb. einige angebl. Meteorsteinfälle XX, 506.

Kefslers, F., Ueber d. Verhalt. d. Chromsäure u. d. Uebermangan säure gegen d. niedr. Oxydationsstufen d. Eisens, Arsons u. Antimons XVIII, 17. — Ueber einige Fälle d. inducirt. Sauerstoff-Uebertragung, XIX, 218.

Kirchhoff, G. Zur Geschichte d. Spectral-Analyse u. d. Analyse d. Sonnenatmosphäre XVIII, 94.

Knoblauch, H., Ueber d. Durchgang d. strahlend. Wärme durch polirtes, maltes u. berusites Stein salz u. über d. Diffusion d. Wärmestrahlen, XX, 177.

Köbel, F. v. Ueber d. Gensbarz-Elektroskop und über Mineral-Elekt. XVIII, 594.

König, R., Apparat zur Mess. d. Geschwindigk. d. Schalls XVIII, 610.

Kohlrusch, F., Ueber d. elast. Nachwirk. bei d. Tësion, XIX, 337.

Kremers, J., Ueber d. Aenderungen, welche d. Modifac. d. mittl. Volums durch Aender. d. Temperat. erziichtet XX, 493. — Ueber d. relative Stellung der unzerleg. Körper, XX, 630.

Kundt, A., Ueb. d. Untersuch. plan-parallelcr Platten XX, 46. — Unters. über Augenmaß u. opt. Täuschungen XX, 118.

Lamont, J., Ueber d. Dalton'sche Dampftheorie u. ihre Anwend.

auf d. Wasserdampf d. Atmosphäre XVIII, 168.

Lang, J., Beitrag z. Kenntn. d. salpetrigen Salz, mit Bemerk. von C. Rammelsberg, XVIII, 282.

Lang, V. v., Krystallf. u. opt. Verhalt. d. schwefelsaur. Thalliumoxyds XVIII, 630. — Zur Theorie d. Circularpolarisation XIX, 74.

Lippich, F., Bemerk. zu Melde's Lehre von d. Schwingungskurven XX, 660.

Lommel, E., Die Interferenz-Erschein. zweizigcr senkrecht z. ersten Mittellinie geschnittn. Krystallplatten im homogen. polarisir. Licht XX, 69.

Lorentz, L., Ueber d. Theorien d. Lichts XVIII, 111.

Magnus, G., Ueber die Diathermie trockn. und feucht. Luft, XVIII, 575.

Martin, A., Neues Verfahr. z. kalten Versilbr. d. Glases XX, 335.

Mascart, Wellenlänge d. Linie A, XVIII, 367.

Matthiessen, A., u. Vogt, C., Ueb. d. elekt. Leitfähigkeit von Thallium u. Eisen u. über d. Einfluss d. Temperat. auf diese XVIII, 431.

Mauritius, Versuche üb. d. Magnetismus b. verschiedn. Temperat. XX, 385. — Einfache Vorricht. z. Bestimm. d. magnet. Declination XX, 617.

Melde, F., Ueber die Erschein. beim Aufsteigen von Gasbläsen in mit Flüssigkeiten gefüllt. cylindr. Röhren XVIII, 155.

Meyer, L., Ueb. d. Krystallf. d. Löwig'schen Desoxalsäureethyl-äthers XX, 605.

Mohr, F., Einfärbig. Regenbogen XIX, 332. — Bestätigung seiner Hageltheorie XX, 167.

Müller, J., Bestimm. d. Wellenlänge einiger hellen Spectrallinien XVIII, 641. — Bestimm. d. magnet. Inclination zu Freiburg durch inducirtre Ströme XX, 612.

Oettingen, A. v., Ueber d. Laden d. Leydener Batterie durch Induction und über d. Entlad. d. Batterie durch das Inductorium XVIII, 369.

Okatow, M., Ueber d. Verhältn. d. Quercontraction z. Längendilatation XIX, 11.

Oppel, J. J., Ueber subjective Licht-Erscheinungen XVIII, 480.

Paalzow, A., Ueber die Licht-Erschein. bei d. Entladung der Leydner Batterie, wenn sie in e. rotirend. Spiegel beobachtet wird XVIII, 178. — Ueb. d. Glüh-Erschein. am positiven und negat. Pole bei d. Entlad. e. Leydner Batt. XVIII, 357.

Pape, C., Ueb. d. spec. Wärme wasserf. u. wasserhälft. schwefelsaur. Salze; XX, 337 u. 579.

Pissis, Höhe d. Aeonagus XX, 176.

Place, F., Ueber Foucault's Bestimm. d. Parallaxe d. Sonne XVIII, 633 u. XIX, 331.

Quineke, G., Ueber d. Lage d. Schwingungen d. Aethertheilchen

in e. geradlinig polarisirt. Lichtstrahl XVIII, 445. — Ueber d. opt. Eigenschaften d. Metalle XIX, 366. — Ueber d. Brechungs-Exponenten d. Metalle XX, 599.

Radau, R., Bemerk. über Prismen XVIII, 452.

Rammelsberg, C., Ueber d. Kry-

stallf. d. 2fach chromsaur. Ammoniaks XVIII, 158. — Ueb. einige krystallisirte Zinnhüttenprodukte von Schläckenwalde u. krystallisiert. Legirungen im Allgemeinen, XX, 54. — Ueber die Trennung von Zinnsäure u. Wolframsäure, XX, 66. — Siehe auch J. Lang.

Rath, G. v., Mineralog. Mittheilungen XIX, 247.

Reichenbach, R. v., Ueber das chem. Verhalt. d. Meteoritens gegen Säure XIX, 172. — Ueber d. Erzeugung v. Wärme u. Licht durch Meteoriten XIX, 275.

Reusch, E., Ueber d. Schillern gewisser Krystalle, XVIII, 286 u. XX, 95.

Riefa, P., Ablenkung d. Magnetnadel durch die Nebenströme d. Leydener Batterie XX, 513.

Ringer, S., Ueber d. Aendr. d. Tonhöhe bei Leitung d. Töne durch verschiedene Medien XVIII, 636.

Roscoe, H. E., Ueb. d. Bestimm. d. chem. Helligkeit an verschieden. Theilen der Sonnenscheibe XX, 331.

Rose, G., Systemat. Verzeichn. d. Meteoriten im mineralog. Museum von Berlin XVIII, 419. — Ueber d. Schmelzung d. kohlen-

saur. Kalks und darstell. künstl. Marmors XVIII, 565. — Ueber zwei neue Meteoritenfälle XX, 619.

Rose, H., Ueb. d. Zerleg. d. Quecksilberiodids XVIII, 165. Ueb. d.

Zusammensetzung d. in d. Natur vor-

kommend, *globhäftig*, in Mineralien
XVIII, 339, 406 u. 497. — Ueb.
a. neue Reihe. Metalloxyden
XX, 1.

8.

Salm-Horstmar, Fürst, Ueber das Verhalten des Quarzes beim Ätzen und Schleifen XX, 334.
Safs. A. F. v., Ueber die Niveauveränderungen d. Wasserspiegels d. Ostsee. XX, 646.

Schafarik, A., Ein älterer Sternschnuppenfall, XIX, 643.
 Scheerer, Th. Ueber d. atomist. Zusammensetzung d. Kieselser usw. XVIII, 182 — Ueber e. angebL Pseudomorphose des Spreusteins nach Cancrinit, nebst Bemerkk. üb. d. Elaeolith. XIX, 145.

Schmid, E. E. Die Melaphyr von d. Mombächler Höfen u. der darin eingeschloss. Labrador XIX, 138.
— Schaumkalk von Lengfeld XIX 324. — Ueber d. Coelestia in d. thüring. Trias. XX, 637.

Schneider, J. Leuchtende Wolken XIX, 333 — Ueber d. Tönen durch Wärme. XX, 654.
 Schrauf, A., Der Meteorit von Alessandria XVIII, 361 — Ueb. d. Einfl. d. chem. Zusammensetzung auf d. Fortpflanz. d. Lichts XVIII 359, XIX, 461 und 553.

Siemens u. Halske, Widerstands-Etalon XX, 512.

Simmler, R. Th. Hand- u. Reispectroskop XX, 623.

Soret, J. L. Ueber d. elektrolyt. darstell. d. Ozons und über die Natur dieses Körpers XVIII, 623.
Stahlschmidt, J. K. F., Ueber d. Einwirk. d. Iodmethyls auf Iodstickstoff; Zusammensetz. desselben - eine neue Stickstoffverbind. XIX, 421.

Stefan, J., Ueber die Fortpflanzungsgeschwindigk. d. Schalls in

gasigen Körpern XVIII, 494.
Bemerk. zur Theorie der Gase
XIX, 492.

Wiesen h. Leibnitz liegen 250
Metres ü. Meeresspiegel. 97 M. 88

• [About](#) [Contact](#) [Privacy](#) [Help](#) [FAQ](#)

Vogel, H. Ueber krySTALLISIR. SILBEROXID u. KOHLENSAUR. SILBEROXID XVIII. 145. — Ueber d. Verhalt. d. CHLOR SILBERS, BROM SILBERS UND IOD SILBERS IM LICHT, u. die Theorie d. PHOTOGRAFIE XIX. 497.

Wagt, siehe Matthiasgr.

W

Waltenhofen, A. v., Ueber d.
magnet. Rückstand im Eisen, XX,
650

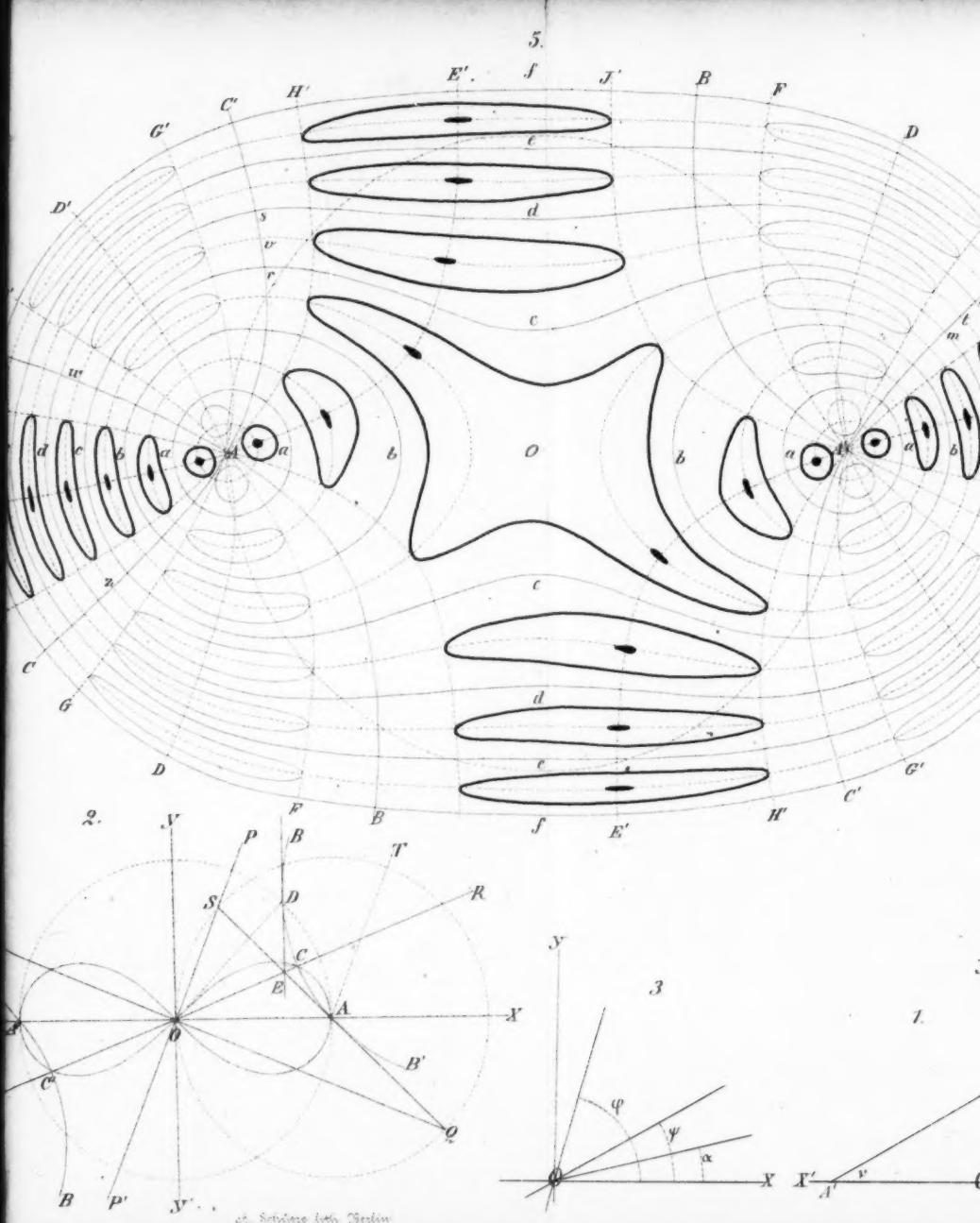
650.
Weber, Rud., Ueber d. Verbindd.
einiger Chlormetalle mit salpetri-
ger u. mit chlorosalpeteriger Säure
XVIII, 471. — Ueber Selenigä-
rehydrat XVIII, 479. — Ueber d.
isomeren Modificatt. d. Titanäsüre
u. über einige Titanverbindd. XX,
287.

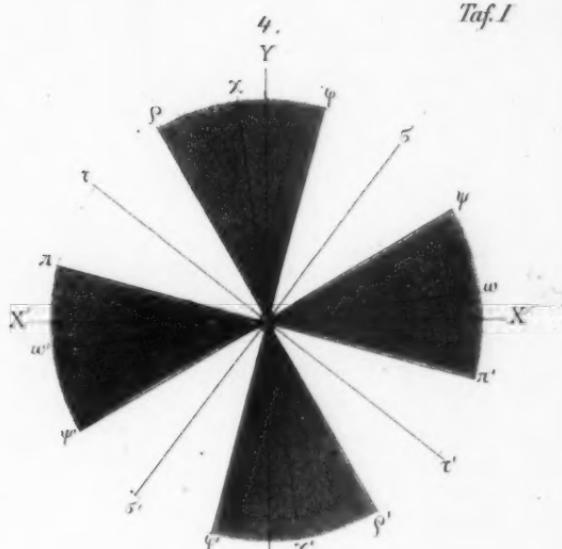
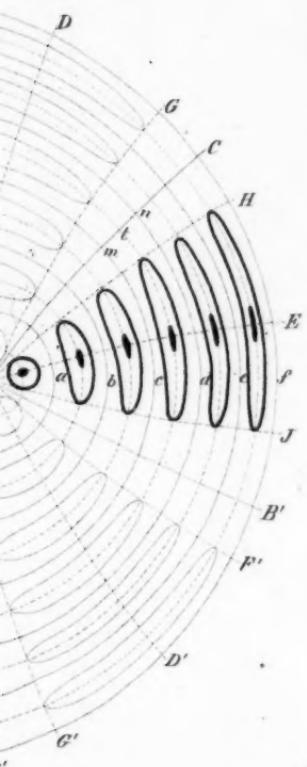
Webky, Ueb. Anwend. d. Quenstedt'schen Krystallprojection auf Zwillingskrystalle XVIII, 240.

Weifs, Ch. E., Beob. und Unters. über d. Schillerspath von Todtmoos, **XIX**, 446.
Wichelhaus, H. Analyse d. Meteoriseisen v. d. Hacienda St. Rosa in Mexico **XVIII**, 631.

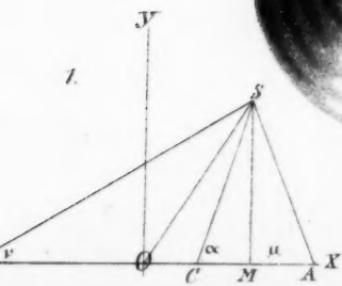
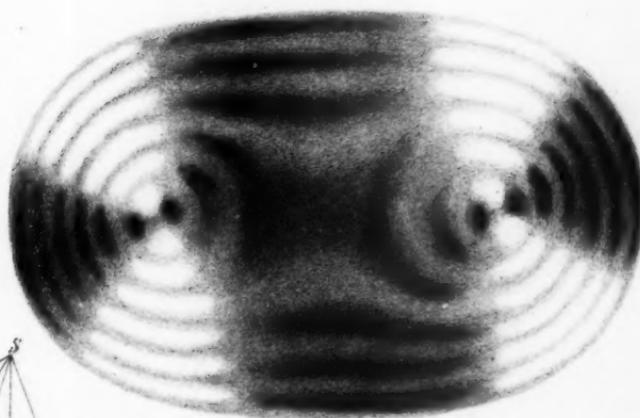
Wicke, W., u. Wöhler, F. Ueb.
ein neu aufgefund. Metacoreisen,
XX, 509.

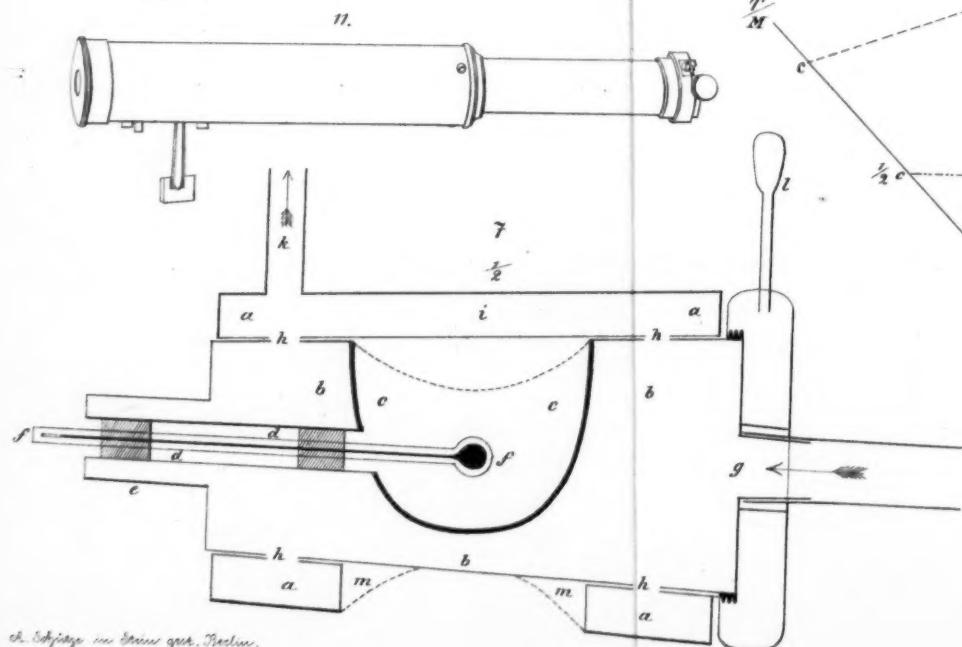
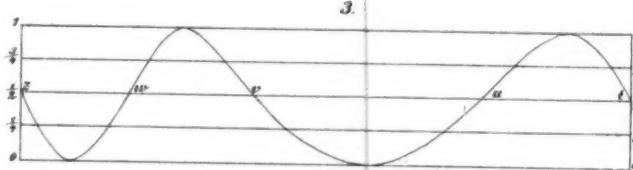
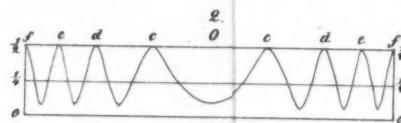
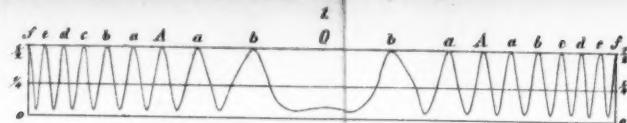
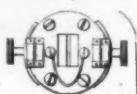
Wiedemann, siehe Dub.
Wiederhold, E., Ueber d. Zersetzung des schmelzend. chloroaur. Kalis durch die s. g. katalyt. Körper, nebst Bemerk. über d. Na-





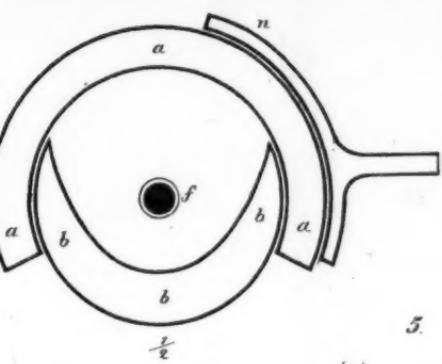
6.



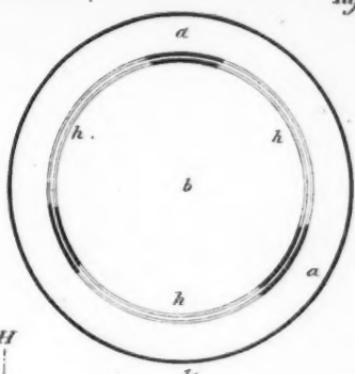


©. Dr. Schleicher in Berlin.

8.

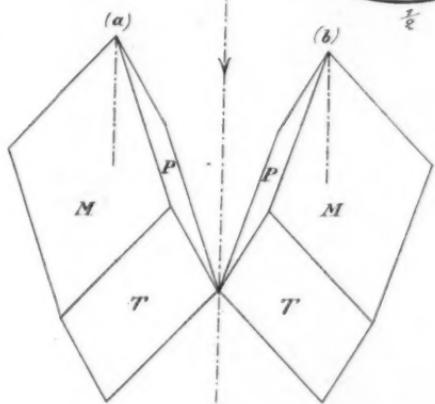


9.

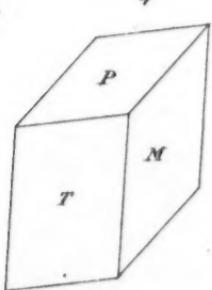
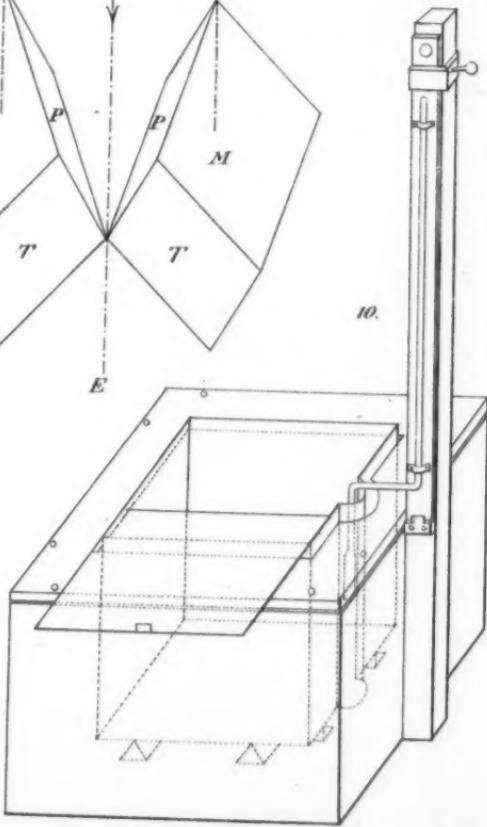


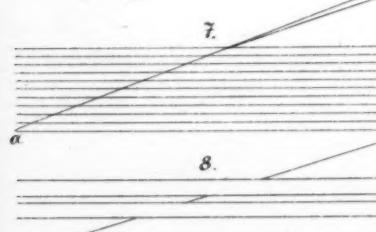
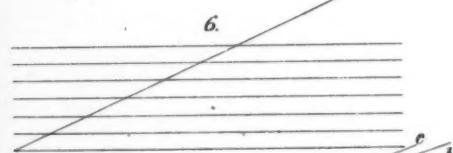
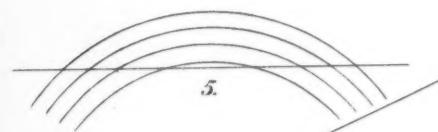
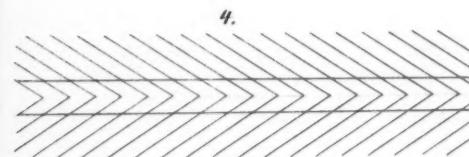
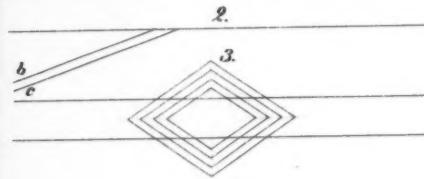
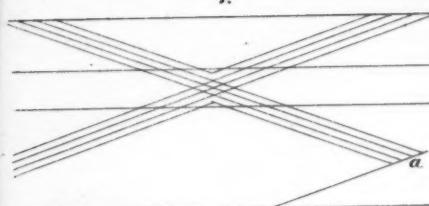
Taf II.

6.

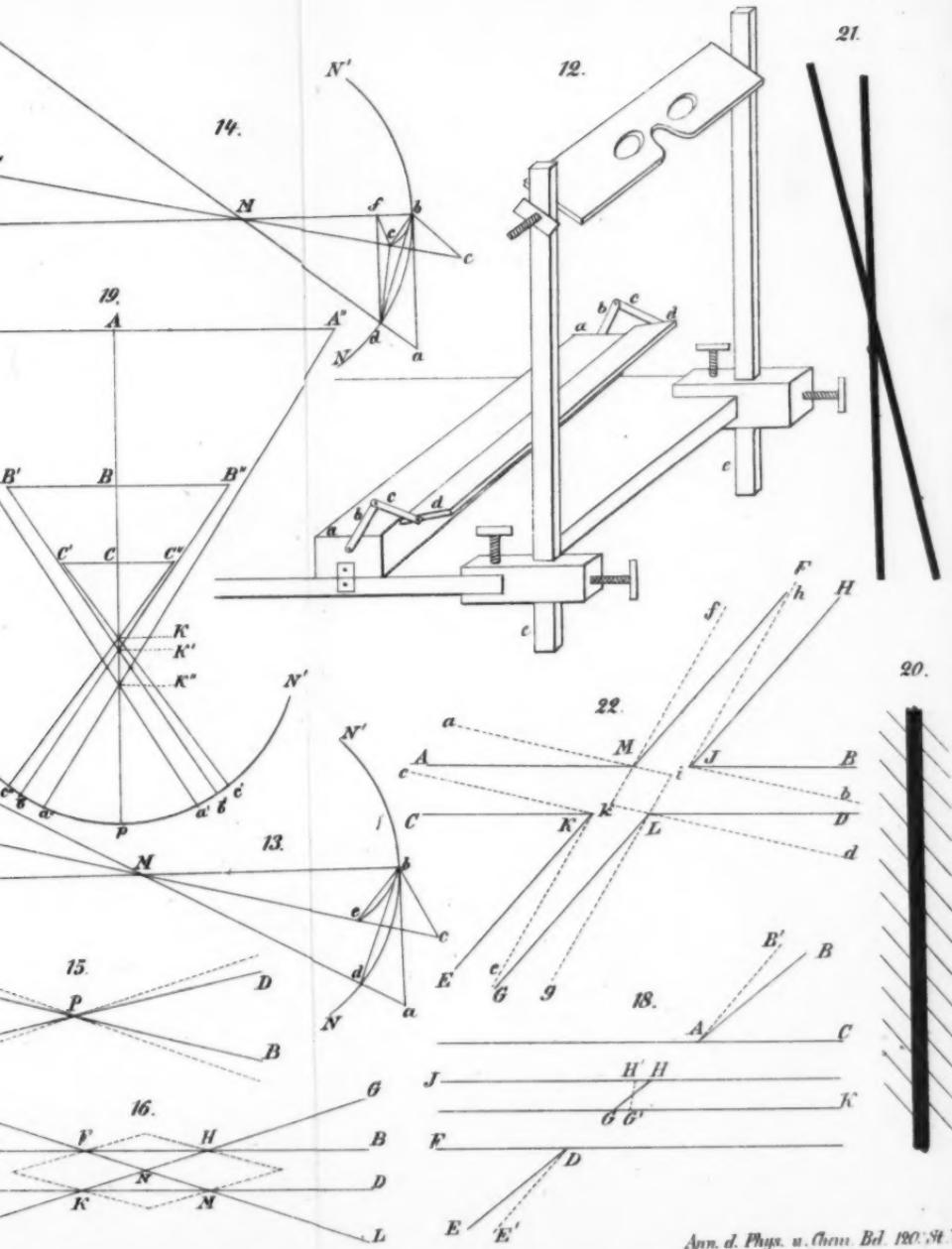
5. *H*

10.

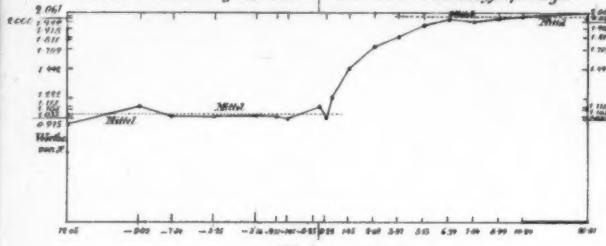




et Schmidt in Stein gest.



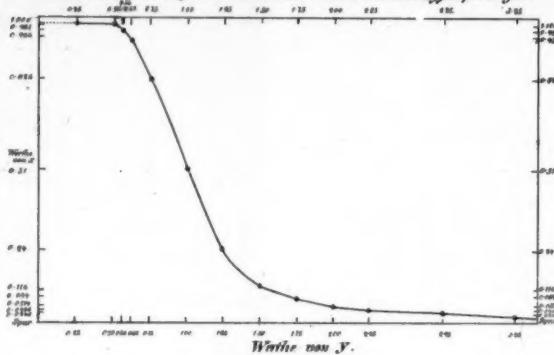
1. Kurve der Zersetzung der Chromsäure durch Wasserstoffsuperoxyl.



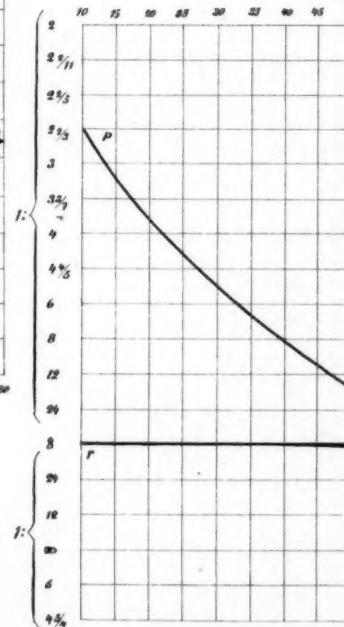
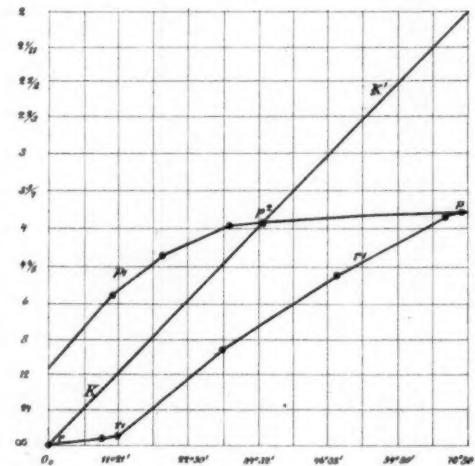
Werte von J .

2.

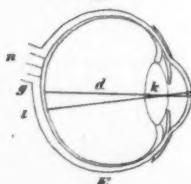
Kurve der Zersetzung der Salsäure durch Wasserstoffsuperoxyl.



4.

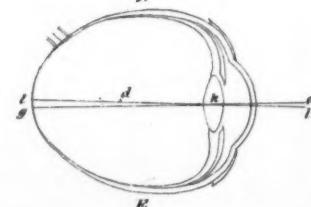


6.

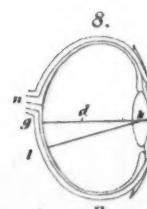


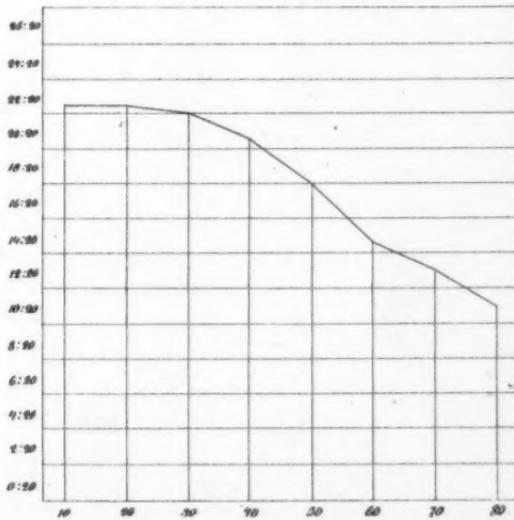
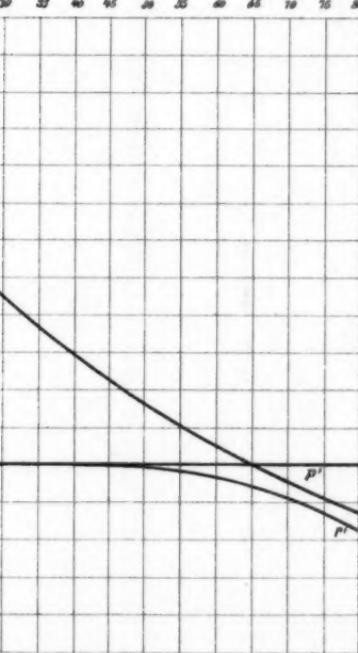
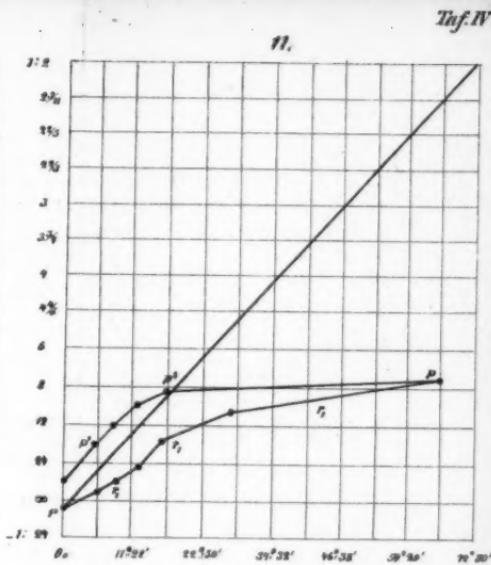
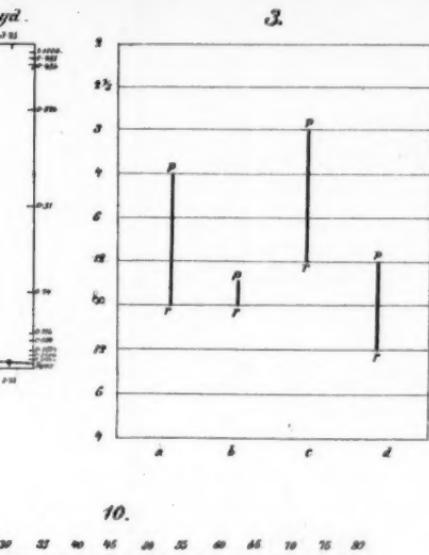
6. Schleife in Stein gest.

7.

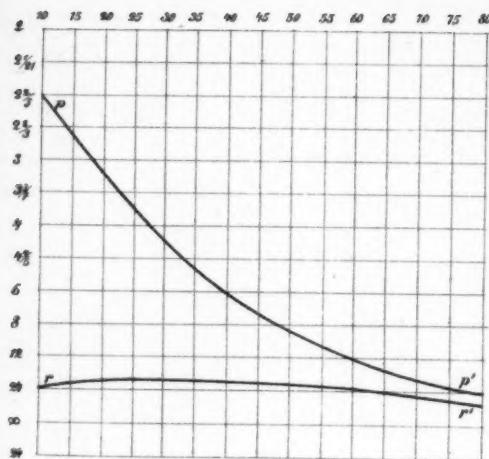


8.

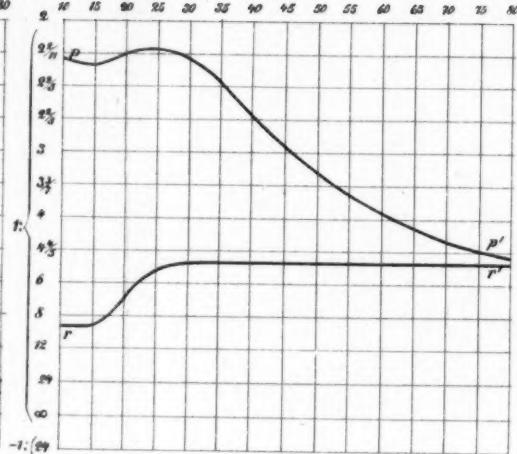




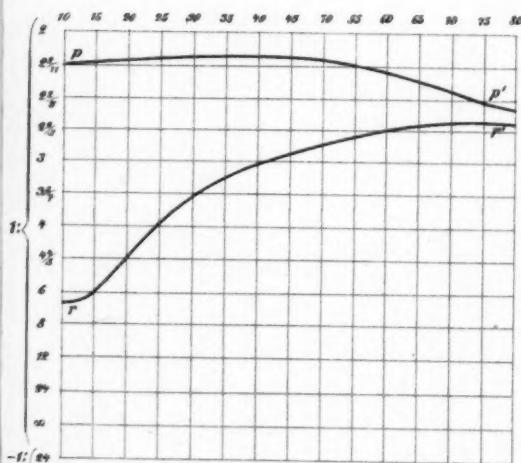
1.



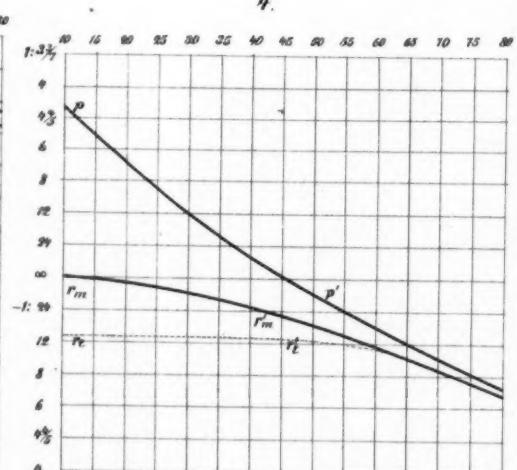
2.



3.



4.



a. Schätzweise ausgetragen gest.

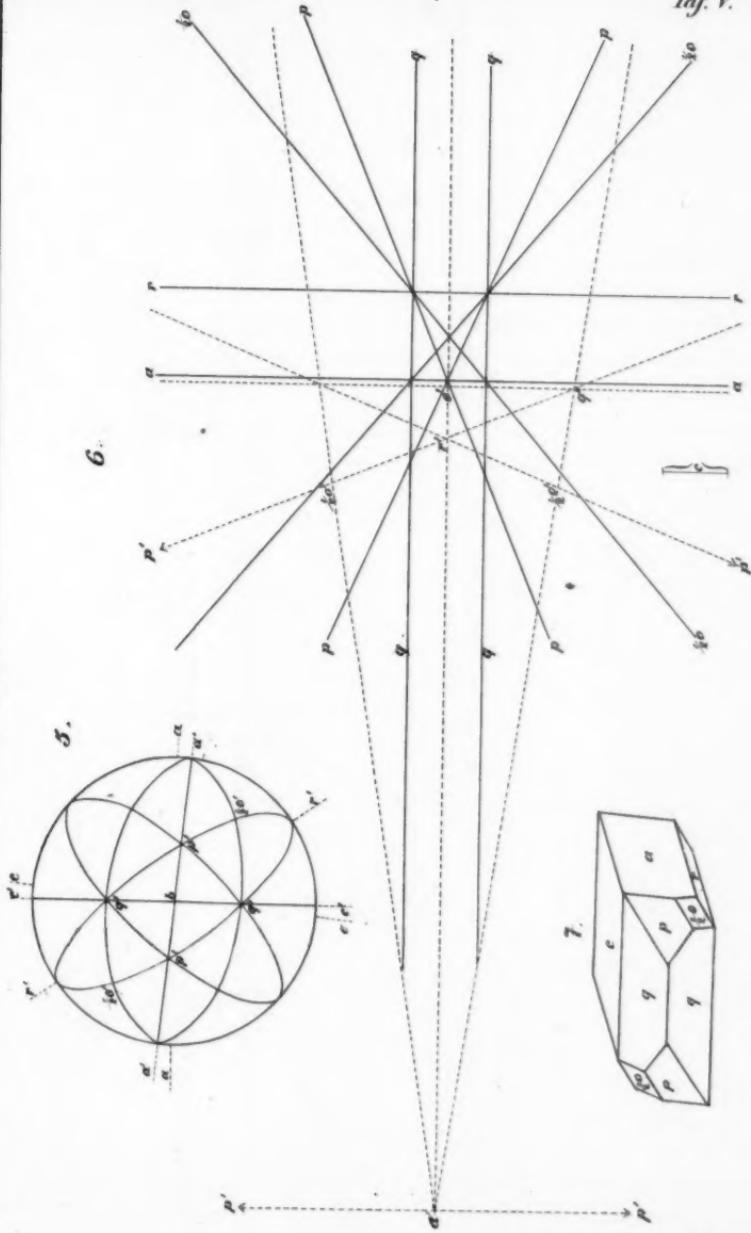
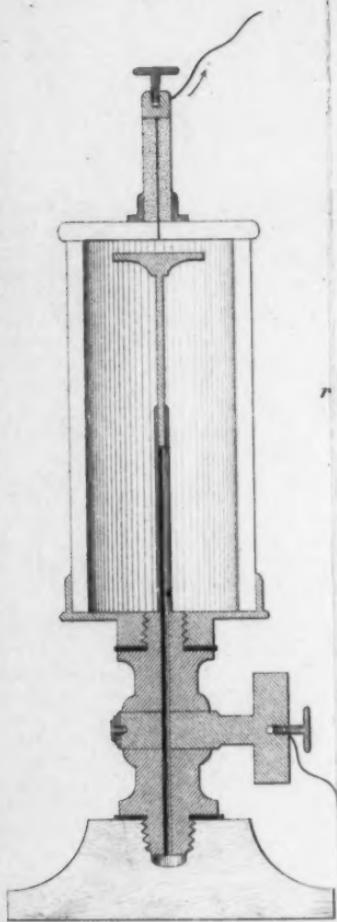


Fig. 1.



$\frac{1}{2}$ der nat. Grösse.

Fig. 2.

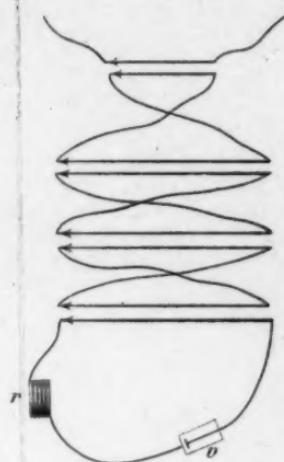


Fig. 3.

